This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

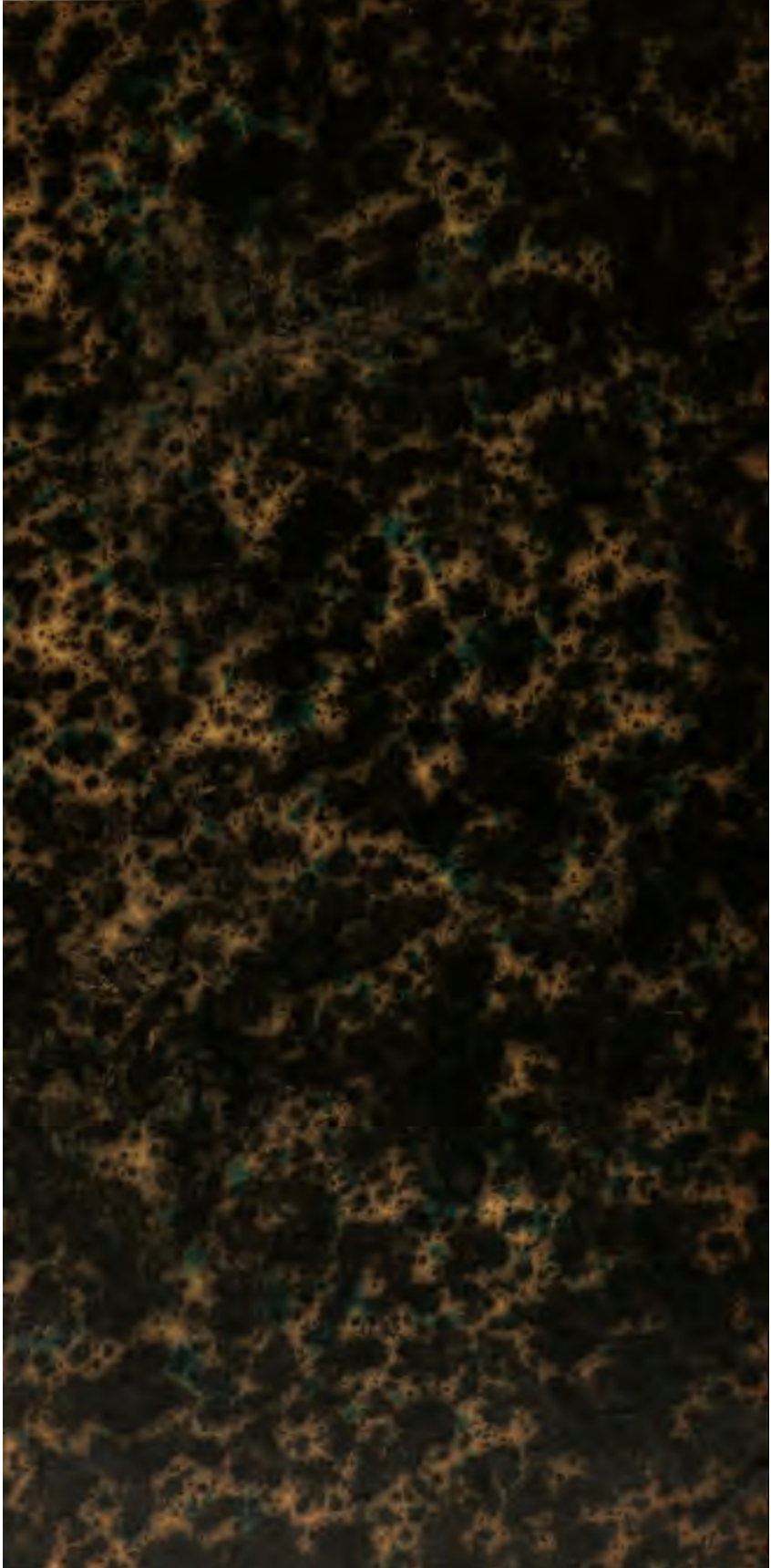
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

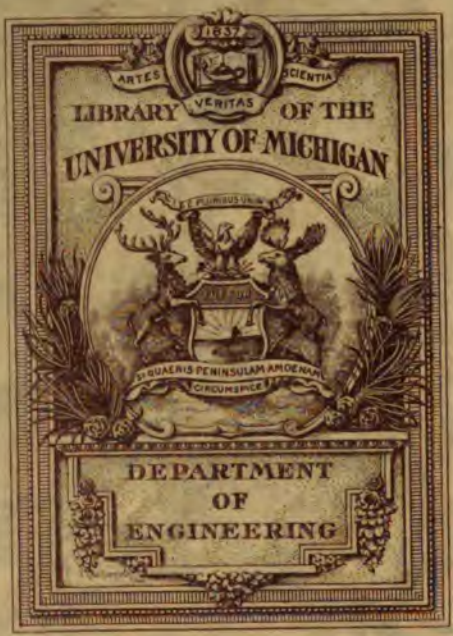
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

ANNÉE 1887

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1887

PREMIER VOLUME

PARIS

SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ

CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1887

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JANVIER 1887.

N° 1

Sommaire des séances du mois de janvier :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* Discours de MM. Hersent et Brüll. (Séance du 7 janvier, page 8.)

2° *Décès* de M. Trasenster. (Séance du 7 janvier, pages 11 et 25.)

3° *Pont roulant* installé dans le port de Brest, lettre de M. E. Badois. (Séance du 7 janvier, page 25.)

4° *Prix de 2,500 francs (fondation Montyon)* accordé par l'Académie des Sciences à M. Appert. Concours des Arts insalubres. (Séance du 7 janvier, page 25.)

4° *Prix de 2,000 francs* accordé par la Société d'Encouragement à la Société de distribution de force motrice à domicile par l'air raréfié. (Séance du 7 janvier, page 25.)

5° *Médailles accordées par la Société d'Encouragement* à M. Petit, inventeur du système de moteur à air raréfié et à M. Boudenoot Ingénieur de cette Société. (Séance du 7 janvier, page 26.)

6° *Banquet de la Chambre syndicale des Mécaniciens-chaudronniers et fondeurs.* (Séance du 21 janvier, page 26.)

163375

7° *Dîner du Groupe de Paris de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale.* (Séance du 21 janvier, page 28.)

8° *Nomination de M. de Comberousse comme Membre honoraire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'École spéciale de Gand.* (Séance du 21 janvier, page 29.)

9° *Loi de Mariotte,* communication par M. Piarrou de Mondésir. (Séance du 21 janvier, page 29.)

10° *Gisements de cobalt de chrome et de fer de la Nouvelle-Calédonie, et leur emploi industriel,* par M. Jules Garnier. (Séance du 21 janvier, page 31.)

Pendant le mois de janvier la Société a reçu :

De M. E. Trélat, ancien président de la Société, un exemplaire de sa conférence faite au 5e congrès international d'hygiène et de démographie tenu à La Haye en août 1884, sur le *Régime de la température et de l'air dans la maison;*

De M. Arthur Thiré, membre de la Société : 1° un exemplaire de sa note sur les *Moyens de développer l'industrie du fer dans la province de Minas Geraès;* 2° un exemplaire de ses *Études économiques (Importation, Exportation)* ; 3° une note à propos d'une *Visite à l'usine à fer d'Ypaméma dans la province de Saint-Paul* (Brésil) ;

De M. Edmond Coignet, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur les *Bétons Coignet ;*

De M. Couriot, membre de la Société, un exemplaire de son examen du *Projet du gouvernement sur la législation des Mines ;*

Un exemplaire d'observations au sujet du *projet de loi sur les Mines,* présenté par M. Baïhaut, ministre des travaux publics, à la Chambre des députés dans la séance du 25 mai 1886 ;

De M. Amédée Robin, membre de la Société, deux exemplaires de son mémoire sur le *Matériel des Houillères à l'Exposition universelle d'Anvers, 1885 ;*

Du Ministre des Travaux publics, un exemplaire de l'*album de statistique graphique en 1885 ;*

De M. Piarron de Mondésir, membre de la Société, un mémoire sur *la Force — le Principe de d'Alembert — l'Équation de Lagrange — et Principe moderne de la conservation du travail transformé ;*

De M. Hamélius, membre de la Société, un exemplaire de ses *études sur le haut fourneau avec chauffage au gaz ;*

De M. Cabanellas, membre de la Société, un exemplaire de sa *Lettre adressée à M. Drumont ;*

De M. Marteau, un exemplaire de sa notice intitulée : l'*Industrie Houillère en France (Capital-Travail);*

De M. Dubuisson, membre de la Société, une note intitulée : *Essais sur l'amélioration des Travaux publics ;*

De M. Lencauchez, membre de la Société, un mémoire sur le *Recuit et l'affinage du fer, de l'acier et de la fonte dans un milieu réducteur;*

De M. le Ministre des Travaux publics, un exemplaire du *Rapport de la Commission chargée d'étudier les mesures à prendre pour assurer aux voyageurs en chemin de fer de nouvelles garanties de protection et de sécurité;*

De M. Julien Weiler, ingénieur, un exemplaire d'une *conférence sur l'arbitrage et conciliation entre patrons et ouvriers :*

De M. Durupt, secrétaire de la Société, un mémoire sur les *Travaux actuels du port de Bordeaux et l'amélioration de la Gironde;*

De M. Hervegh, membre de la Société, 1° un exemplaire d'un ouvrage en allemand intitulé : *Die Sprengtechnik im Dienste der Land, Forst und Gartenwirthschaft* de M. Julius Mahler (*le Sautage des mines au service de l'agriculture, de la sylviculture et de l'horticulture*); 2° *Die Sprengtechnik* de M. Julius Mahler (*le Sautage des mines*) ;

De M. Jules Garnier, membre de la Société, un mémoire sur les *Gisements de cobalt, de chrome et de fer de la Nouvelle-Calédonie et leur emploi industriel.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM.	Antraigues,	présenté par MM.	Debar, Dorion et Hallopeau.
	Blanpain,	—	Carimantrand, Mallet, Morandière.
	Blazy,	—	H. Biver, Brüll, Eschger.
	Colombet,	—	Leprou, Rey et Vallot.
	Gentilini,	—	Gottschalk, de Nansouty et Pontzen.
	Gueguen,	—	Gottreau, de la Vallée-Poussin et Lenique.
	Marié,	—	Badois, Hersent et Marsaux.
	Odent,	—	H. Hersent, J.-B. Hersent et Marsaux.
	Philippe,	—	Brüll, Hersent et Tresca.
	Pluyaud,	—	de Comberousse, Imbs et Liébaut.
	Ruffin,	—	Duroy et Bruygnac, Max de Nansouty et Tisseron.
	Vuillaume,	—	Bresson, Carimantrand et Mallet.

Comme membre associé :

M. Vaque, présenté par MM. Durupt, Paris et Thareau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1887

Séance du 7 Janvier 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRULL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. HERSENT, président sortant, prononce le discours suivant :

Messieurs,

En arrivant à l'expiration du mandat que vous m'avez confié; en quittant le poste où vos votes m'ont appelé, j'ai à vous rendre compte de ce que nous avons fait au cours de l'année qui vient de s'écouler.

Je commencerai par rendre un dernier hommage à ceux de nos membres, qui nous ont quittés pour un autre monde.

Nous avons perdu trente-huit de nos membres; et nous devons joindre nos regrets à ceux de leurs familles, comme un adoucissement à leur douleur.

Membres décédés en 1886.

ANDELLE, Jules-Georges. Admis à la Société en 1876. Élève de l'École Centrale, promotion de 1873. A été directeur de la Verrerie d'Épinac (Saône et Loire), puis ingénieur aux forges de Saint-Nazaire.

BACHELU, Louis. Élève de l'École des Mines de Saint-Étienne, promotion de 1868. Admis à la Société en 1878. Ingénieur constructeur ; à construit plusieurs usines de teinturerie et de tissage mécanique, des machines à teindre ; puis ingénieur civil, à Lyon.

BARTHÉLEMY, Charles-Eugène. Admis à la Société en 1879. Elève de l'École d'Angers, promotion de 1852; a été inspecteur du matériel au chemin de fer de l'Ouest-Suisse, de 1856 à 1860; puis, successivement, inspecteur du matériel, ingénieur des ateliers et, enfin, chef du mouvement des chemins de fer du Nord de l'Espagne.

Blanche, Auguste. Admis à la Société en 1848. Élève de l'École Centrale, promotion de 1846. Chimiste distingué, s'est occupé de teinture et d'impression sur étoffes où il a réalisé des progrès sensibles ; a été décoré à la suite de l'Exposition de 1878; a été maire de Puteaux ; a laissé d'unanimes regrets.

Boudard, Casimir. Admis à la Société en 1849. Élève de l'École Centrale, promotion de 1848. A été inspecteur des fonderies et lamineries de Dangu (Eure) ; ingénieur de la Compagnie française de chauffage et d'éclairage par le gaz ; ingénieur de la Société du gaz de Port-Saïd (Égypte) ; ingénieur de la Compagnie des usines à gaz E. Melon de Pradon, G. Leroy et Cie ; puis enfin ingénieur civil.

Clair, Alexandre. Admis à la Société en 1870. Constructeur d'instruments de précision et de modèles pour l'enseignement.

Colson, Paul. Admis à la Société en 1875. Ingénieur constructeur mécanicien en Espagne. A créé en 1864, pour les centres miniers, un système de petites machines d'extraction, à engrenages, à condensation, détente variable, enveloppe de vapeur et chauffeur d'alimentation à 90°. A imaginé et installé en 1875 des appareils mécaniques désincrustant les chaudières pendant leur fonctionnement.

Desnoyers, Alfred. Admis à la Société en 1873. Élève de l'École Centrale, promotion de 1855. A été, pendant quinze ans, directeur de forges (Ruhrort-Brubach-Decazeville, Maison-Neuve, Saint-Jacques), puis ingénieur civil.

Dorange, Ferdinand. Admis à la Société en 1883. Élève de l'École Centrale, promotion de 1864. Entrepreneur de travaux publics ; a construit plusieurs petites lignes de chemins de fer dans les départements du Nord, de l'Aisne et de la Somme.

Dubuc, Maximilien. Admis à la Société en 1868. A été dessinateur chez M. Farcot ; attaché au service de construction de l'administration des tabacs ; puis chargé d'études sur la construction du matériel d'une fabrique de projectiles et ingénieur attaché à la Direction centrale de l'artillerie russe, et enfin ingénieur civil.

Du Lin, Jean. Admis à la Société en 1879 comme membre associé. A été à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, inspecteur du mouvement dans cette même Compagnie ; directeur des services administratifs de la construction et de l'exploitation du chemin de fer de Mamers à Saint-Calais (Sarthe). Nommé, en 1875, directeur de l'exploitation du chemin de fer d'Orléans à Châlons, ayant sous ses ordres tous les services ; puis président du Conseil d'administration de la Compagnie générale de Transports parisiens.

Fellot, Jean-Henry. Admis à la Société en 1856. Élève de l'École Centrale, promotion de 1854. Attaché au bureau des études de la Compagnie des chemins de fer du Midi, comme ingénieur.

Flaud, Achille-Gustave. Admis à la Société en 1878. Ingénieur-cons-

tructeur. A été le constructeur et le propagateur en France, après son père, de l'injecteur Giffard ; chef d'un établissement important de construction.

FRÉZARD, Stanislas. Admis à la Société en 1875. Élève de l'École Centrale, promotion de 1855. Manufacturier, puis ingénieur civil.

GALLAND, Nicolas-Joseph. Admis à la Société en 1872 comme membre associé. Création et exploitation de fabriques de sucre, distilleries, moulins à vapeur et brasseries en France et en Russie. Auteur d'un ouvrage sur la brasserie, inventeur de nombreux appareils pour les industries agricoles.

GARGAN, Louis-Xavier. Admis à la Société en 1874. Ingénieur-constructeur de wagons; président de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de Paris.

GIQUEL, Prosper. Admis à la Société en 1872 comme membre associé. Lieutenant de vaisseau. Directeur de l'arsenal de Fou-Tchéou, après l'avoir créé; puis directeur de la mission chinoise. A été le plus actif initiateur de nos relations avec l'empire chinois.

JOURDAIN, Maurice. Admis à la Société en 1872. Élève de l'École Centrale, promotion de 1865. A été représentant de MM. E. Gouin et C^ie^, en Russie, puis directeur de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur.

LABOULAYE, Charles. Admis à la Société en 1862. Élève de l'École polytechnique. Auteur du traité de Cinématique et du *Dictionnaire des Arts et Manufactures*. A fait des essais sur l'équivalent mécanique de la chaleur. A été secrétaire perpétuel de la Société d'encouragement.

LANCEL, Auguste. Admis à la Société en 1864. A été chef du bureau central des travaux neufs, lignes de Chantilly et de Soissons. Inspecteur de la voie; chef de section au chemin de fer du Nord, à Tergnier (Aisne).

LE BLANC, Félix. Admis à la Société en 1872. Élève breveté de l'École des Mines (1836). Travaux de chimie scientifique et industrielle. Vérificateur du gaz de la Ville de Paris; chargé de cours de chimie analytique à l'École Centrale. Ingénieur civil des Mines. Vice-Président de la Société d'encouragement.

LECOINTE, Gustave. Admis à la Société en 1878. Élève de l'École Centrale, promotion de 1875; a été chef de section au chemin de fer de Marvejols à Neussargues (Lozère); inspecteur du matériel fixe de la Compagnie de l'Est.

MARCHÉ, Ernest. Admis à la Société en 1860. Élève de l'École Centrale, promotion de 1857. Professa le cours de chemins de fer à l'École Centrale, et *fut notre Président en 1883*.

MÉLITON, Martin. Admis à la Société en 1868. A été Ingénieur en chef du chemin de fer de Madrid à Alicante, etc., puis Ingénieur

en chef de la construction du chemin de fer du Nord-Ouest de l'Espagne.

Morel, Marie-Théodore. Admis à la Société en 1881. Élève de l'École Centrale, promotion de 1874. Directeur de la fabrique d'outremer Guimet, à Fleurion-sur-Saône.

Quéruel, Auguste. Admis à la Société en 1872. Ancien constructeur de machines à vapeur où il avait une grande compétence. Il était un des membres les plus assidus à nos séances.

Regray, Barthélemy. Admis à la Société en 1880. Ingénieur en chef du matériel et de la traction au chemin de fer de l'Est.

Renard, Lucien. Admis à la Société en 1876. Ingénieur des Mines; administrateur-gérant de la Compagnie chaufournière de l'Ouest.

Schirmer, Eugène-Charles. Admis à la Société en 1876. Élève de l'École Centrale, promotion de 1875. Ingénieur à la Compagnie de Saint-Gobain, à la glacerie de Cirey (Meurthe-et-Moselle).

Sérafon, Ferdinand. Admis à la Société en 1864. Ingénieur-inspecteur principal du matériel roulant et de l'exploitation au chemin de fer Victor-Emmanuel.

Siéber, Paul. Admis à la Société en 1857. Élève de l'École polytechnique de Vienne (Autriche); Ingénieur-constructeur mécanicien, puis Ingénieur des Mines à la Compagnie des Forges d'Audincourt et dépendances; a légué 1,000 francs à la Société.

Soleillet, Paul. Admis à la Société en 1877. S'est occupé du projet de chemin de fer d'Alger à Saint-Louis du Sénégal, par Tombouctou, et du projet des docks de Laghouat. A été un explorateur distingué.

Soulié, Léon-Émile. Admis à la Société en 1877. Directeur du chemin de fer de Héronville, à Briancourt.

Soupey, Gaston. Admis à la Société en 1881. Élève de l'École nationale d'agriculture de Grignon, promotion de 1854; entrepreneur d'études et de travaux de chemin de fer.

Stévenson, David. Admis à la Société en 1879. Directeur du service des phares des côtes d'Écosse.

Weibel, Jules-Henri. Admis à la Société en 1873. Élève de l'École Centrale, promotion de 1856, avec le n° 1 ; fabricant d'appareils de chauffage.

Zeller, Constant. Admis à la Société en 1872, comme membre associé; manufacturier à Ollwiller, Alsace.

Trasenster, Louis. Membre honoraire de notre Société depuis 1883; décédé le 1er janvier 1887, professeur émérite de l'Université de Liège. Président de la Société des Ingénieurs de l'École de Liège; fut rempli d'aménité pour les membres de notre Société qui firent l'excursion en Belgique dirigée par M. de Comberousse, en 1885, et

très sympathique à tous nos sociétaires. C'est une perte pour sa famille et pour la science!

Après l'hommage rendu à nos membres décédés pendant l'année qui vient de s'écouler, nous devons rappeler que les membres de notre Société ont reçu, au cours de cette année, 30 décorations, soit :

5 Officiers de la Légion d'honneur.
21 Chevaliers.
1 Officier de l'Instruction publique.
5 Officiers d'Académie.
18 Décorations étrangères.

Nous en aurions désiré une de plus, pour récompenser le dévouement et l'honorabilité de notre secrétaire, M. Husquin de Rhéville. Espérons qu'elle arrivera bientôt pour le dédommager de 38 années de travail ininterrompu et de collaboration active à une œuvre éminemment utile et progressive, qui est la vôtre.

Dans le cours de l'année, le nombre de nos membres, qui était, au 1er janvier 1886, de	2.081	membres
a été augmenté, par les admissions, de.	99	—
et diminué, par les décès et radiations, de	61	—
Nous comptons donc dans notre Société.	2.119	membres

En raison de ce que quelques membres avaient pris l'habitude de ne pas payer la cotisation, on a dû les rayer; c'est un fait regrettable, mais inévitable.

Vous avez vu, par le rapport de fin d'exercice publié au dernier Bulletin, que les affaires de la Société continuent à être prospères et en bon ordre.

Votre capital s'accroît sans cesse d'environ 20,000 francs par an, malgré une importante augmentation des dépenses; et, à ce sujet, je crois devoir rappeler que nos trésoriers, M. Loustau aussi bien que M. Hallopeau, méritent le renouvellement de nos remerciements pour leur bonne gestion.

Votre fonds de secours est organisé sur une partie des produits du legs Giffard.

Votre fonds pour des prix est également doté d'une nouvelle et importante ressource provenant du même legs.

Du reste, un règlement spécial à l'emploi du legs Giffard a été élaboré par le Comité et accepté en séance générale, et vous a été communiqué par l'un des derniers Bulletins.

On a refait l'Annuaire sur un nouveau plan, et vous en recevrez prochainement les exemplaires qui combleront une lacune de cette

année. M. Mallet et M. Carimentrand se sont surtout occupés de ce travail, et j'espère que vous leur rendrez cette justice qu'ils auront fait une besogne laborieuse et intéressante, qui mérite vos remerciements.

La publication du bulletin pourra être terminée au cours du mois de janvier pour l'année écoulée.

Dans le cours des 21 séances de travail, qui ont été tenues pendant l'année écoulée, vous avez reçu de nombreuses et très intéressantes communications.

Votre médaille a été décernée à M. Berthot, dans la séance du 18 juin, pour son mémoire sur les forces mutuelles et leurs applications.

Pour les chemins de fer, des questions très importantes ont été discutées sur la sécurité des voyageurs et sur les freins Westinghouse.

M. Cantagrel vous a fait l'historique de la voie tout en fer, et vous avez eu des débats instructifs sur ce sujet tout d'actualité.

M. Caillé vous a parlé de la durée des rails d'acier au chemin de fer d'Orléans.

M. Borrodine vous a entretenus des locomotives Compound, avec enveloppe de vapeur.

D'autres sociétaires vous ont parlé des locomotives à grande vitesse du système Crampton, destiné à donner de plus grandes vitesses encore; et aussi M. Deghilage, de l'origine de la locomotive.

M. Boudenoot a passé en revue les études du Métropolitain, que la situation actuelle n'avait pas permis de discuter avec fruit, à cause des traités en élaboration par le gouvernement.

Et M. Lavezzari vous a exposé des idées générales sur la future Exposition universelle.

Pour les ponts, vous avez eu des communications très intéressantes :

De M. Seyrig, à propos du nouveau grand pont de Porto, sur le Douro;

De M. Eiffel, sur les ponts démontables;

De M. Brockoki, sur les ponts portatifs.

M. Fleury vous a rendu compte de sa mission au congrès international de navigation, et a occupé plusieurs séances d'une façon très instructive.

M. Nordling vous a fait une comparaison économique, pleine d'enseignements, entre le prix des transports par canaux et par chemins de fer, en France, en Autriche et en Allemagne.

Enfin, vous avez eu une communication de M. de Coëne sur le port du Havre; et, surtout, sur l'utilité, dans un intérêt tout patriotique, d'exécuter les travaux nécessaires pour l'estuaire de la Seine

et permettre aux navires à plus grande calaison d'arriver jusqu'à Rouen.

Pour la mécanique, en dehors de ce qui a été dit sur les locomotives, M. Gouilly vous a apporté une théorie sur l'hélice propulsive des navires.

M. Paur vous a entretenus de l'éducation pratique des Ingénieurs mécaniciens de l'école de Zurich.

M. Delfosse vous a initiés aux avantages de l'emploi de la meule d'émeri pour le travail des métaux.

M. Brüll nous à décrit les puissantes pompes centrifuges installées en Égypte par la maison Farcot.

Dans les mines et la métallurgie :

M. Gautier Ferdinand nous a entretenus de l'action du silicium dans la fonte du moulage.

Vous avez eu l'historique du sautage des grandes mines en Amérique, qui a donné lieu à des appréciations diverses.

M. Moreau vous a analysé l'ouvrage de M. Châlon sur les explosifs modernes.

Et M. Albert Berton vous a analysé l'ouvrage de M. Considère.

Pour la physique et la chimie industrielle : M. Lencauchez a fait naître une discussion du plus vif intérêt, par sa communication sur le traitement des vidanges ; c'est un sujet tout d'actualité, qui pourra encore donner lieu à de bien utiles travaux.

M. de Nansouty vous a communiqué les dispositions du laboratoire central d'électricité projeté.

M. Cabanellas vous a fait pénétrer dans le secret du transport de l'énergie dynamique à distance.

M. Ernest Wlasto a analysé l'ouvrage de M. Berthelot sur l'origine de l'alchimie.

Vous avez, en outre, reçu des communications sur la grève de Decazeville et vous avez pu, séparément, chercher les causes de ces troubles sociaux et malheureusement périodiques.

M. Georges Salomon vous a parlé d'une question économique : le marché du travail.

M. Édouard Simon a appelé votre attention sur la propriété industrielle, et sur le travail coopératif aux États-Unis, avec toute sa compétence.

M. Thareau nous a entretenus de l'Association parisienne des industriels pour préserver les ouvriers des accidents du travail.

D'autres questions économiques ont été traitées devant vous et vous parviendront, ou vous sont déjà parvenues, par les Bulletins de la Société.

M. Lebrun Raymond vous a initiés à l'usage de sa règle à calcul logarithmique pour le calcul des terrassements.

Vous avez pu visiter l'exposition d'hygiène, sur l'invitation de notre ancien Président, M. Trélat, et y apprécier les diverses choses, de première utilité, exposées par nos sociétaires.

Cette énumération incomplète donne une idée de l'activité de notre Société et de l'attention qu'elle apporte aux progrès scientifiques et matériels, qui intéressent le bien de l'humanité.

Messieurs,

L'année dernière, en prenant place au fauteuil où votre confiance m'avait élevé, j'avais quelque préoccupation sur la possibilité de m'acquitter des obligations que j'acceptais.

Travailleur, j'ai fait mon possible pour suffire, et je ne saurais pas dire que j'y aie réussi ; mais ma bonne volonté n'a pas fait défaut.

Je me suis inspiré du dévouement de nos anciens Présidents et j'y ai trouvé le courage qui aurait pu me manquer.

M. Tresca, l'une des illustrations de la Société, vous a dit : « Après » Dieu, le plus grand travailleur c'est l'ingénieur, » et tous vos présidents paraissent avoir partagé cette opinion en la pratiquant.

Oui, Messieurs et chers Collègues, le travail est en honneur ici; et notre Société doit être fière de ce sentiment, qui l'élève et qui assure sa prospérité dans l'avenir.

C'est avec le travail que les hommes développent et conservent leurs forces, aussi bien physiques que morales ; et c'est avec le travail que les nations prospèrent. En persévérant dans notre œuvre pacifique, en continuant notre labeur, nous contribuerons, j'en suis convaincu, à la grandeur de notre cher pays !

Avant de céder le fauteuil à l'élu de vos suffrages, à M. Brüll, permettez que je vous félicite de son élection, non parce qu'il est le plus digne, je blesserais sa modestie qui est égale à son mérite, mais parce qu'avant nous, M. Brüll avait déjà été désigné, dans un discours de votre ancien président, M. Trélat, comme l'un des membres les plus actifs de la Société et l'un de ceux qui ont sa plus grande sympathie.

Je félicite aussi M. Brüll. Je suis convaincu que, par ses connaissances très étendues, par l'intérêt qu'il porte depuis longtemps à la Société, il saura augmenter son influence, son prestige et sa prospérité.

Je prie M. Brüll de prendre possession du fauteuil présidentiel.

M. Brull, président, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Monsieur et cher Président,

Vos cordiales félicitations me rendent confus et votre pronostic trop bienveillant n'est pas sans m'alarmer un peu.

Vous me complimenteriez moins si vous pouviez savoir quel embarras j'éprouve à succéder à un ingénieur à qui ses beaux travaux dans diverses parties du monde avaient, longtemps avant son arrivée à la présidence, mérité une réputation universelle.

Et vous ne m'auriez pas tracé un aussi large programme si, dans votre bonté, que nous avons tous appréciée, vous ne vous laissiez aller à estimer la bonne volonté à l'égal du mérite.

La meilleure façon dont je puisse vous remercier pour vos si flatteuses paroles, c'est de vous promettre, comme je le promettrai dans un instant à la Société tout entière, de me dévouer, ainsi que vous l'avez fait vous-même, à la mission qu'elle m'a fait l'honneur de me confier.

Messieurs et chers Collègues,

Jules Petiet et Alfred Nozo, qui l'un et l'autre aimèrent beaucoup la Société, ont guidé mes premiers pas dans la carrière. Lorsqu'en 1858 je m'essayais encore dans de modestes fonctions au chemin de fer du Nord, ces maîtres regrettés m'ont introduit parmi vous. Permettez-moi d'évoquer respectueusement le souvenir de nos deux anciens présidents pour placer sous la protection de leur mémoire vénérée l'acte pour le moins bien osé que j'accomplis aujourd'hui en prenant dans mes trop faibles mains la direction de vos importants travaux.

Depuis cette époque, vingt-huit années se sont écoulées, pendant lesquelles, suivant sans relâche vos études, m'y mêlant à l'occasion, j'ai pu profiter de ce magnifique enseignement qui se dégage de vos discussions si variées et si intéressantes.

Élève de la Société des Ingénieurs civils, j'ai eu la bonne fortune de prendre dans cette grande école tous mes grades, de recevoir d'elle bien des récompenses enviées. Mais dans votre inépuisable libéralité vous avez voulu me conférer aujourd'hui la récompense suprême. Je vous en remercie du fond du cœur.

J'exprime aussi ma sincère gratitude à notre excellent trésorier honoraire, le très sympathique M. Loustau. Après m'avoir patronné, lui aussi, comme candidat à l'admission, il est venu, dans la constance de sa bienveillante amitié, me patronner de nouveau auprès de vous comme candidat à la présidence.

Rien ne peut procurer à un homme de travail une plus douce satisfaction, un plus légitime orgueil qu'un aussi éclatant témoignage de l'estime et de l'affection de ses pairs. Les grandeurs, la fortune qui font, dit-on, le bonheur ne peuvent le donner avec autant de plénitude, avec la même sécurité.

Mais en distinguant parmi vous un collègue laborieux et assidu, vous n'avez pu le pourvoir en même temps des qualités qu'il faudrait pour remplir comme il convient les difficiles fonctions que lui a con-

fiées votre bienveillance. Il lui arrivera sans doute plus d'une fois, pendant l'année qui s'ouvre, de n'être pas à la hauteur de ses devoirs. Veuillez préparer dès à présent à ses efforts un indulgent accueil : ses fautes seront involontaires, il n'en commettrait aucune s'il suffisait, pour les éviter, d'un dévouement sincère et absolu.

Chers Collègues,

La première prérogative de la fonction à laquelle m'ont appelé vos suffrages, consiste, d'après la tradition, à traiter devant vous quelque question d'intérêt général en dehors du cadre de vos travaux habituels. J'essaierai de répondre à votre attente en vous entretenant un instant d'un sujet qui occupe en ce moment tous les esprits et attire particulièrement la sollicitude des ingénieurs civils.

Je veux parler de la crise qui sévit sur les affaires, de la reprise qui se prépare et du rôle important qui nous revient dans ces circonstances.

Déjà pour m'acquitter de ce premier devoir, je dois réclamer votre indulgence n'étant pas orateur. Je tâcherai de la mériter en retenant votre attention le moins longtemps possible.

Une crise intense et prolongée a fortement éprouvé notre agriculture, notre industrie et notre commerce. Cette crise a été générale, frappant à des degrés divers la plupart des États d'Europe et d'Amérique.

On a vu en quelques années les cours des produits agricoles et miniers, comme ceux des objets fabriqués, s'abaisser peu à peu partout jusqu'à l'affaissement.

Ainsi le blé qui valait en France 31 francs le quintal en juillet 1882 est tombé à 20 francs en 1885, et le kilogramme de laine a passé de 2 fr. 45, en 1880, à 1 fr. 45, en 1885. Le sucre brut blanc, coté à Paris au-dessus de 63 francs les 100 kilos il y a cinq ans, se donnait à 31 francs en octobre dernier.

Le cuivre du Chili se traitait à Londres à la fin de 1881 entre 69 et 72 livres sterling la tonne. Le cours s'est abaissé d'une façon presque continue jusqu'au-dessous de 39 livres au commencement de septembre 1886.

A la Bourse de New-York, l'argent coté 114 cents l'once en août 1882, baisse progressivement jusqu'en août 1886 où on l'offre à 92 cents.

Le minerai de Bilbao est tombé de 15 ou 18 francs à 7 francs la tonne mise à bord.

Les Compagnies de chemins de fer français, qui payaient les rails Vignoles en acier fondu de 225 à 235 francs en 1882, les ont obtenus à 113 francs à la fin de 1885.

On peut admettre que le prix moyen des locomotives en France a diminué en cinq ans de 30 à 40 0/0.

La soude en cristaux a perdu 50 0/0 pendant la même période.

Cette dépréciation considérable de toutes choses a causé partout bien des ruines.

La France, intelligente, laborieuse et économe, bien qu'elle ait souffert pour sa part, a su résister mieux que bien d'autres pays. Et cependant cette crise était particulièrement dangereuse pour elle puisqu'elle retardait et menaçait de paralyser ses vaillants efforts pour le relèvement.

L'agriculture, déjà frappée par les dévastations du phylloxera, appauvrie par une série de récoltes médiocres, a supporté péniblement la baisse survenue sur ses productions. On a signalé de divers côtés des retards dans le payement des fermages, des cultures abandonnées, des propriétés vendues à bas prix.

L'avilissement des cours des charbons, des fers et des métaux a forcé plusieurs établissements miniers et métallurgiques à restreindre leur production et même à arrêter leur exploitation.

Les usines et les ateliers, les fabriques de produits chimiques, les sucreries ont vu tarir la source de leurs bénéfices et quelques-unes ont dû suspendre leur fabrication.

Chacun de nous a pu malheureusement voir autour de lui quelques désastres de ce genre; tous, nous en avons souffert directement ou indirectement dans nos intérêts. Mais si l'on veut juger de l'intensité du mal dans son ensemble, il faut consulter quelques-unes des manifestations de l'activité des affaires.

La valeur totale des marchandises importées en France s'élevait pour l'année 1882 à la somme de 5,962 millions de francs, pendant que la valeur totale des exportations atteignait 4,764 millions. Ces deux totaux ont l'un et l'autre diminué en 1883; en 1884, ils devenaient plus faibles; plus bas encore, en 1885.

De 1882 à 1885 il y a une perte d'environ 17 0/0 tant à l'entrée qu'à la sortie.

De même, les quatre premiers mois de l'année 1886 sont en diminution sur ceux de l'année 1885.

Les différences en moins ainsi constatées proviennent, il est vrai, de la moins-value de chaque unité plutôt que de l'abaissement du tonnage, mais elles prouvent néanmoins le ralentissement du commerce spécial de notre pays.

L'octroi de Paris rapportait 150 millions en 1882. Depuis cette époque la décroissance a été continue. Les six premiers mois de 1886 ont donné à peu près 12 0/0 de moins que le premier semestre de 1885.

Citons encore le produit de l'impôt sur le revenu des valeurs mobilières. L'année 1885 donnait un total de recouvrements de 46 116 000 fr., inférieur de 2 0/0 au total de 1884.

Enfin si l'on examine les recettes des chemins de fer qui sont aussi un signe certain de l'importance des transactions, on arrive à des constatations tout aussi regrettables. A la fin de 1883, l'ensemble des chemins de fer de France et d'Algérie présentait un développement total de 28 766 kilomètres ; le total des recettes brutes s'élevait pour l'exercice 1883 à 1 091 millions de francs.

Depuis cette époque le réseau national a été sans cesse augmenté au prix des plus lourds sacrifices ; mais, malgré ce développement progressif, le total des recettes brutes a diminué d'année en année pour s'abaisser en 1885 à 1 028 millions et à un chiffre encore moindre pour l'exercice qui vient de finir.

Le premier semestre de 1886 est lui-même en décroissance sur les six premiers mois de l'année précédente, bien que la longueur exploitée ait augmenté de 36 millièmes.

Mais écartons maintenant de nos yeux cet attristant tableau. De plus riantes perspectives s'ouvrent à nos regards. La crise se dissipe partout, l'épreuve est traversée. Les affaires se raniment en France ; elles se sont améliorées depuis quelques mois.

Et comme vous pourriez attribuer à la joie si vive que vous m'avez donnée un optimisme de circonstance, il me faut justifier l'assertion par des faits incontestables.

Voici ces preuves tirées des mêmes statistiques qui nous ont livré tout à l'heure des chiffres si désolants.

L'impôt sur le revenu a rendu pour les mois d'octobre et de novembre 1886 un peu plus que dans les mois correspondants de 1885.

L'octroi parisien montre pour la même période une amélioration de plus de 3 0/0.

Si l'on compare les recettes des chemins de fer pendant les dix dernières semaines connues de l'exercice écoulé aux semaines correspondantes de l'année précédente, on trouve que la recette brute s'est élevée de 20 025 000 francs par semaine en moyenne à 20 573 000 fr., alors que la longueur moyenne exploitée a passé de 31 898 à 32 897 kilomètres. La moyenne kilométrique s'est ainsi à très peu près maintenue, malgré l'adjonction de 999 kilomètres de lignes nouvelles certainement moins productives que les anciennes. C'est là un accroissement évident de l'activité du trafic.

Enfin les chiffres du commerce spécial montrent pour les mois d'octobre et de novembre derniers, à l'importation 17 0/0 et à l'exportation 12 0/0 d'excédent sur les mêmes mois de l'année précédente.

Les cours des marchandises témoignent de la même amélioration.

Le blé a remonté de 20 à 23,40 fr. le quintal, le sucre de 31 à 33,50 fr. et la laine de 1,45 fr. à 2,10 fr. le kilogramme. Les soies qui s'étaient dépréciées fortement et d'une façon presque continue pendant plusieurs

années valent en ce moment 15 0/0 de plus que l'année passée à la même époque.

L'argent a regagné 9 0/0 dans ces quatre derniers mois.

Les fers à plancher se tiennent à Paris à 130 francs la tonne, en hausse de plus de 10 0/0 sur les plus bas cours atteints.

Nous pouvons donc admettre avec confiance le réveil que tant de signes divers indiquent clairement. Certes ce n'est pas encore la prospérité du passé. Mais lorsqu'un mobile s'est beaucoup abaissé pendant un long parcours, il ne se relève pas habituellement d'un bond à sa hauteur première. Le point bas de la trajectoire est maintenant franchi, le mouvement ascendant commence: il faut y aider par d'énergiques impulsions.

Déjà deux projets grandioses vers lesquels se tournent bien des espérances promettent de seconder ce mouvement.

L'Exposition universelle se prépare. Plusieurs commissions, dont font partie quelques-uns de nos collègues, travaillent à son organisation. Un concours international aussi solennel appelle la paix européenne et une situation florissante. Il se serait mal accommodé de la stagnation et du marasme dont il faut bien vite effacer les dernières traces. La France hospitalière fera bon visage à ses visiteurs.

La construction et l'aménagement du palais constituent une tâche considérable qui doit être rapidement accomplie. Mais il est temps aussi que les exposants s'apprêtent à la lutte. L'heure est proche où chacun devra choisir son poste et préparer son œuvre aux regards du monde. La Société des Ingénieurs civils peut compter qu'un grand nombre de ses membres seront inscrits sur la liste des récompenses de l'Exposition de 1889. Le passé nous est un sûr garant de l'avenir.

Le Chemin de fer Métropolitain ne tardera plus longtemps à être commencé. Les études ont été fort nombreuses et des plus variées : elles différaient par le but à atteindre et par les moyens à employer. Depuis le tramway perfectionné jusqu'au nœud stratégique du réseau des chemins de fer, on a examiné vingt programmes. On a proposé la tranchée et le noir tunnel, le viaduc monumental et les légères passerelles. Les comptes rendus de nos travaux comprennent toute une collection de tracés et de systèmes. Il n'est pas surprenant que les pouvoirs publics, auxquels revient le choix définitif, éprouvent quelque embarras pour arriver à une décision.

Il est un point du moins sur lequel on est partout d'accord, c'est la nécessité de régler enfin ce grand intérêt. On paraît généralement convaincu de l'urgence de la solution, car le Chemin de fer parisien n'est pas sans connexion avec l'Exposition prochaine. On ne voudrait plus de ce pugilat pour l'omnibus et de cette enchère pour le fiacre qui rendaient aussi désagréables que pittoresques les abords du Palais du Champ-de-Mars en 1878.

Les deux grands ouvrages dont nous venons de parler sont des œuvres d'intérêt public qui ne manqueront pas d'exercer sur la situation une salutaire influence. Mais la reprise des affaires comporte d'autres efforts que l'initiative particulière peut seule fournir. Dans cet élan général de l'activité nationale, quelle est la part que devront prendre les ingénieurs, au milieu des industriels dont ils sont les appuis ou les collaborateurs, auprès des compagnies et des capitalistes dont ils sont les conseils? Comment pourront-ils contribuer à maintenir l'existence ou à assurer la prospérité des nombreuses entreprises d'industrie auxquelles se consacrent leur dévouement et leurs connaissances spéciales?

Nous y parviendrons, Messieurs, en nous gardant à la fois d'une confiance téméraire et d'une timidité excessive qui mènerait à l'effacement.

Nul parmi nous ne croit à une supériorité prédestinée et indiscutable de tous les produits de l'industrie française, mais personne non plus ne voudra admettre un instant que nous devions laisser nos terres en friche pour consommer le blé des Indes ou d'Amérique, fermer nos usines pour demander nos métaux et nos machines à l'Allemagne, à l'Angleterre ou à la Belgique.

Le progrès est possible : on peut récolter dans plusieurs contrées de la France 40 hectolitres de blé par hectare, on peut y produire de la betterave à 10 0/0 de richesse; on peut vaincre le fléau de la vigne. Tout cela est faisable puisque beaucoup l'ont fait au milieu des doléances de notre agriculture. Il est possible aussi de réduire les prix de revient des produits industriels puisque certaines usines, pressées par la dureté des temps, ont trouvé les moyens d'y parvenir. La nécessité rend ingénieux et les souffrances de l'industrie n'auront pas été inutiles à son perfectionnement.

Nous sommes encore de ceux que l'on copie. Sachons à notre tour, non pas imiter, mais connaître et apprécier les travaux des autres peuples, afin de trouver dans leurs progrès des exemples et des stimulants pour notre propre avancement.

Les lectures, les correspondances, les voyages nous aideront dans cette enquête universelle. Les travaux de notre Société mettront en lumière les résultats de ces informations. Nous n'apporterons dans cet examen ni dédain ni parti pris d'admiration; nous nous tiendrons jour par jour au courant de ce qui se fait à l'étranger et nous saurons discerner ce qui s'y fait de bien.

Les découvertes scientifiques sont comme de merveilleuses semences que le vent transporte de tous côtés, et les savants de France, dans ces semailles saintes, ont fourni pour leur part plus d'un germe précieux. Nos ingénieurs et nos inventeurs savent faire fructifier ces graines délicates. Mais sommes-nous bien sûrs d'avoir toujours offert le meilleur champ pour acclimater ces plantes nouvelles ?

Sans doute l'application des idées neuves comporte toujours quelque danger. Mais il faut savoir affronter ces risques si l'on veut garder son rang sur la route du progrès. Sur ce chemin encombré les retardataires seraient vite renversés.

Le procédé Bessemer, par exemple, a révolutionné la sidérurgie. Peu d'années après, la déphosphoration de la fonte vient déplacer à son tour la production et bouleverse l'industrie du fer. L'extraction du sucre de la betterave a pris naissance en France, elle a reçu chez nous ses principaux perfectionnements. D'autres nous ont surpassés en appliquant nos méthodes, et nulle fabrique aujourd'hui ne peut subsister avec les rendements qui suffisaient il y a quelques années.

Efforçons-nous donc de faire accueillir avec moins de crainte les innovations avantageuses. Nous inspirons la confiance et nous la méritons, sachons l'utiliser pour ranimer l'esprit d'entreprise. Souvent dans notre pays l'idée neuve est reçue avec indifférence, avec scepticisme quand ce n'est pas avec raillerie. On ne se livre pas volontiers à l'essai, on n'encourage pas suffisamment les hommes d'initiative. On les rebute quelquefois, quitte à reprendre plus tard de l'étranger le perfectionnement qu'on les a réduits à y transporter.

Dans la lutte industrielle des peuples, la promptitude avec laquelle chacun procède à l'amélioration de son armement décide souvent de la victoire. Les procédés arriérés, les outillages surannés ne peuvent plus se défendre comme au temps où la lenteur et la dépense des transports, la prohibition ou les droits élevés aux frontières isolaient les divers marchés de vente et donnaient à chaque groupe de producteurs une sorte de monopole local.

Mais ces matériels perfectionnés et puissants qu'il faut adopter tendent sans cesse à augmenter la production. De là découle pour tous les pays industriels la nécessité d'élargir leurs débouchés.

L'expansion commerciale est à l'ordre du jour chez nous comme dans les pays voisins. Nos relations d'outre-mer, nos colonies et les contrées sur lesquelles nous avons étendu notre protectorat constituent pour nos fabriques une importante clientèle dont les commandes peuvent donner à notre production un vivifiant essor, en même temps que les produits naturels de ces climats lointains fourniront de nouveaux aliments aux transformations si variées de notre industrie.

Il y a dans cette voie beaucoup à faire. Nous sommes souvent distancés par nos concurrents à cause de la difficulté des transports maritimes. L'importation et l'exportation françaises sont entravées par la nécessité de recourir au pavillon étranger. Le commerce de nos propres colonies nous échappe en partie pour ce motif. Souhaitons que notre marine marchande apporte un prochain remède à cette fâcheuse infériorité.

On entend quelquefois dire que l'audace commerciale nous manque-

rait et aussi que nos marchandises seraient en général de trop bonne qualité pour ces exportations où le bon marché seul l'emporte.

Il n'est pas douteux que le fabricant doive consulter le goût de ses acheteurs, s'enquérir soigneusement de leurs besoins et de leurs préférences sans trop vouloir les discuter. Il est bien obligé de viser au bon marché pour soutenir la concurrence contre les produits similaires. Mais serons-nous donc réduits à fabriquer des articles qui n'ont pour séduire que la décoration de leur emballage, des objets qui ne peuvent pas servir à l'usage auquel ils sont destinés ?

Les consommateurs, de quelque couleur qu'ils soient, ne sont pas aussi dénués de sens qu'on voudrait bien le croire. Le bon renom est une valeur à laquelle on doit se garder de porter atteinte.

Dans cette question délicate les industriels français sauront trouver le point qu'on ne doit pas dépasser, et leur honnêteté servira leur intérêt en même temps que l'intérêt national. Quant à nous, c'est l'industrie légitime que nous voulons défendre.

Les pays nouveaux présentent des richesses vierges à exploiter, des mines à ouvrir, des travaux à entreprendre pour les ports, les fleuves et les villes. On voit de grands courants de transport qui attendent des chemins de fer, tandis qu'en France, plus d'une ligne ferrée attend encore les transports. Les distributions d'eau, les installations d'éclairage, les lignes de tramway sont demandées et des milliers d'habitants sont prêts à payer largement le service rendu.

Nos entrepreneurs et nos constructeurs jouissent au dehors d'une bonne réputation pour leur habileté et la sûreté de leurs relations. Les ingénieurs français ont travaillé avec succès dans la plupart des pays du globe. Nous pourrons donc étudier et réaliser beaucoup de projets aussi fructueux pour notre industrie qu'avantageux pour les contrées à desservir.

Au moment où une nouvelle période de prospérité s'ouvre devant nous, il convient de nous prémunir à l'avance contre les dangers des entraînements irréfléchis. Le convalescent doit éviter les excès qui amèneraient la fièvre et la rechute.

Souvent on a vu, quand la confiance revient, l'audace s'épanouir jusqu'à l'extravagance. Tout récemment encore aux États-Unis, où l'on se réjouissait depuis six mois d'une activité renaissante, une surexcitation de ce genre a produit une réaction subite dont le choc s'est répercuté en Angleterre et a même été légèrement ressenti sur le continent.

Les projets d'entreprise les plus variés, longtemps contenus ou fraîchement éclos, vont s'élancer de toutes parts à la recherche du capital devenu plus accessible.

L'esprit d'association est un auxiliaire précieux du progrès industriel, un instrument indispensable de la réalisation des grandes con-

ceptions; il faut reconnaître par contre qu'il favorise singulièrement l'adoption des idées mal conçues ou des programmes peu étudiés, le lancement des affaires ruineuses.

Telle mine sans minerai, tel système de fabrication sans valeur qui ne trouverait jamais preneur auprès d'un particulier administrant son bien en père de famille, se place aisément auprès d'actionnaires trop confiants.

L'ingénieur pourra souvent intervenir utilement. Il recommandera les projets sagement et mûrement élaborés, les procédés dûment éprouvés et protégera l'épargne française contre les propositions sans bases, contre les coûteuses rêveries des enthousiastes. Sur son rapport consciencieux, on pourra édifier des affaires avec sécurité.

Enfin, il est pour notre action un autre terrain que nous connaissons mieux que la plupart de ceux qui s'y aventurent. Les relations entre le capital et le travail constituent un des plus difficiles problèmes des temps présents. Ce problème s'agite dans bien des pays et le peuple qui réussira le mieux à le résoudre équitablement aura certainement acquis un avantage sensible sur des rivaux affaiblis par d'énervantes dissensions.

Or, ce ne sont pas les phrases vaines et sonores des réunions tumultueuses, ce ne sont pas les brillantes utopies d'écrivains ambitieux de popularité qui feront avancer cette question délicate. C'est bien plutôt l'influence continue des hommes qui sont par état en contact constant avec les ouvriers et avec ceux qui les emploient.

Qui pourrait mieux que les ingénieurs maintenir ou rétablir l'accord entre des intérêts qui, pour sembler antagonistes, n'en doivent pas moins, de toute nécessité, vivre en bonne harmonie?

L'ouvrier est notre collaborateur de chaque jour. Nous savons ce que le travail lui coûte de peine musculaire ou intellectuelle, ce qu'il exige de savoir, d'habileté et de conscience. Et nous savons par contre combien le patron est obligé de mesurer le salaire pour soutenir la concurrence.

Investis de la confiance des chefs d'industrie, nous jouissons aussi de l'estime des ouvriers dont nous partageons les travaux et quelquefois les dangers. Quand nous avons combiné un ouvrage hardi, une machine nouvelle ou quelque percement de mine difficile, avons-nous jamais manqué de trouver des bras courageux pour l'exécution de nos projets?

Nous sommes donc tout désignés pour être les amiables compositeurs entre le capital et la main-d'œuvre. Jamais cette mission honorable n'aura présenté plus d'utilité pour la chose publique.

Vous voyez, chers collègues, la puissante assistance que les ingénieurs civils peuvent prêter au pays pour le rétablissement de sa prospérité. Ils ne failliront pas à cette tâche patriotique. La Société donnera à leurs travaux le point d'appui nécessaire aux efforts individuels. Grâce à sa tribune ouverte, à sa publicité déjà puissante, elle en

centuplera l'efficacité. La variété de ses études répond bien d'ailleurs à la diversité des problèmes qui nous sont posés.

L'étendue des devoirs qui nous incombent permet de mesurer l'importance de notre noble et libre profession. L'époque où nous vivons méritera d'être appelée le siècle des ingénieurs.

M. LE PRÉSIDENT annonce les décorations suivantes :

Légion d'honneur. Officier, M. Adolphe Violet.
— Chevaliers, MM. Daydé, Leygue et Macherez.
Instruction publique. Officier, M. Adolphe Violet.

M. LE PRÉSIDENT, à propos du décès qui vient d'être annoncé, de M. Trasenster, membre honoraire de la Société, fait connaître que M. Noblet, de Liège, a bien voulu adresser à la Société plusieurs journaux qui ont publié à cette occasion des articles nécrologiques d'un grand intérêt, ainsi que les discours prononcés sur cette tombe récemment ouverte. Ces journaux serviront à rédiger, pour notre Bulletin, une notice nécrologique sur notre regretté collègue.

Deux autres membres de la Société sont morts récemment : ce sont M. Bonnardel, ingénieur aux forges de Terre-Noire, et M. Édouard Ruault, mort à l'âge de quarante ans seulement. M. Ruault était ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1869; il s'est occupé spécialement de sucreries et a passé à Nantes une partie de sa carrière. Il avait apporté, dans ces dernières années, divers perfectionnements dans la raffinerie du sucre.

Nous avons reçu de M. Appert, notre collègue, une lettre qui nous informe que l'Académie des sciences lui a accordé un prix de 2 500 fr., fondation Montyon, concours des arts insalubres.

M. Badois a adressé une lettre sur les essais satisfaisants faits sur un pont roulant, nouvellement installé dans le port de Brest et dont il a construit la partie métallique, tandis que M. Hersent en a établi les fondations.

Il est donné lecture de cette lettre qui décrit sommairement l'ouvrage et en fait ressortir les caractères de nouveauté.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Badois de son intéressante lettre, et complimente à la fois M. Hersent et M. Badois sur le succès de ce beau travail.

Comme il est difficile d'apprécier un pareil ouvrage sans discussion, par la lecture d'une note sommaire, M. Badois voudra bien sans doute présenter à la Société un mémoire descriptif, avec les planches nécessaires. La question est intéressante puisqu'il s'agit d'un pont roulant qui présente une assez grande portée (vingt-huit mètres), et dont la manœuvre se fait vite et facilement.

M. Boudenoot adresse une lettre relative à une récompense accordée récemment par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale

à la Société de Distribution de force motrice à domicile par l'air raréfié, dont il est l'un des chefs.

Voici un extrait de la lettre de M. Boudenoot :

« La Société d'Encouragement pour l'industrie nationale, qui avait » mis au concours « un prix de 2,000 francs pour un petit moteur des- » tiné à un atelier de famille, fonctionnant isolément ou attaché à une » usine centrale », vient de décerner ce prix à nos moteurs à air raré- » fié à l'aide desquels se fait notre distribution de force motrice à » domicile.

» En outre, elle a accordé deux médailles de collaboration, l'une à » M. Petit, inventeur du système, l'autre à M. Boudenoot, ingénieur, » qui dirigent en commun la première usine à air raréfié établie dans » le quartier Saint-Avoye. »

M. LE PRÉSIDENT félicite la Société de Distribution de force motrice, et, en particulier, M. Boudenoot et M. Petit, de la distinction qu'ils viennent de recevoir de la Société d'Encouragement.

Séance du 21 Janvier 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 7 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de faire part à la Société du décès de M. Louis Jalibert.

M. Hippolyte Bobin a été nommé chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a assisté au banquet de la Chambre syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs, ainsi qu'au dîner du groupe de Paris de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale.

Voici le texte des paroles qu'il a prononcées dans ces circonstances, au nom de la Société :

Banquet de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs.

Monsieur le Président,

Messieurs,

J'ai le plaisir de vous remercier, au nom de la Société des Ingénieurs Civils, de votre réception somptueuse et cordiale et de vous souhaiter, pour l'année qui commence, le succès de vos entreprises.

Les ingénieurs font des vœux pour la prospérité des fondeurs, des chaudronniers et des mécaniciens. Et certes, nul ne pourra douter de la sincérité de leurs souhaits, puisque leur collaboration étroite et

continue rend leurs intérêts solidaires et les unit dans de communes aspirations. Et plusieurs de mes collègues, que je suis heureux de retrouver aujourd'hui parmi vous, auraient même quelque peine à ne pas désirer, en leur qualité d'ingénieur, la réussite du mécanicien.

Cette prospérité, Messieurs, vous est due à la fois pour vos mérites et pour l'importance de votre œuvre. Serviteurs du pays dans les arts de la paix, vous le servez encore en travaillant à l'accroissement de sa force défensive.

Dans ce magnifique concours d'efforts qui produisent le progrès, vos travaux se distinguent par trois qualités maîtresses : la force, la précision et l'ingéniosité.

Vous frappez un coup de marteau de plus de cent tonnes en remuant un doigt, vous soulevez un bateau avec sa cargaison, vous logez dans les flancs d'un cuirassé ou d'un transatlantique plus de chevaux que n'en comptent cent escadrons, vous construisez des engins qui creusent d'un seul coup toute la section d'un canal maritime. Les canons qui envoient à douze mille mètres des projectiles de 900 kilogs sont en passe de devenir trop petits.

Dans la mécanique soignée on ne compte plus par millimètres. Cette unité grossière a fait son temps et les cotes se donnent en dixièmes, quelquefois avec une décimale. Peut-être ne serions-nous pas en ce moment tous capables de manier habilement un calibre au centième, mais il y a temps pour tout. Le mot interchangeable qui ne figure pas encore au dictionnaire, méritera bientôt d'y prendre place, car vous faites aujourd'hui des machines dont les pièces similaires peuvent se substituer l'une à l'autre sans un instant d'hésitation.

Votre ingéniosité ne connaît plus guère d'obstacle. Tout problème qu'on pose au mécanicien est un problème résolu. Jules Verne lui-même, avec sa fertile imagination de romancier, ne vous a pas embarrassés longtemps ; ses créations les plus fantastiques sont aujourd'hui réalisées. Faut-il citer encore les machines à coudre et à broder, les presses rotatives, les machines à cigarettes, les machines-outils qui font sur une même pièce de métal toute une série de façons successives sans la déplacer?

La reprise des affaires qui s'annonce depuis quelques mois en France, ne manquera pas d'amener chez beaucoup de fabricants le besoin d'améliorer leurs outillages, afin de lutter avec succès contre la concurrence étrangère. Vous êtes donc appelés à profiter les premiers de cette activité renaissante, puisque vos principales productions servent en général d'outils aux autres industries.

D'ailleurs, la mécanique pénètre chaque jour davantage dans la vie ordinaire des grandes villes. Les théâtres ont leur usine et tout marchand d'étoffes qui se respecte emploie quantité de mécanismes qui exigent plusieurs centaines de chevaux de force. Le palais où vous donnez vos fêtes est naturellement rempli de machines.

Autrefois, pour s'éclairer, on allumait une mèche abondamment pourvue de graisse ou d'huile. Aujourd'hui, on commence par aller chez le chaudronnier se pourvoir de quelques générateurs de vapeur, on se rend ensuite chez le mécanicien qui vous installe de puissants moteurs avec leurs transmissions. Il ne vous reste plus qu'à faire venir l'électricien qui, par son art merveilleux, transforme en électricité le travail mécanique disponible, puis fait de la chaleur avec cette électricité. Cette chaleur vous donne enfin la lumière désirée. Avec quel éclat, avec quelle pureté, avec quelle supériorité, je n'ai pas à le dire, mais vous reconnaîtrez que ce moyen de voir clair, s'il n'a pas le mérite de la simplicité, présente du moins l'inestimable avantage de favoriser l'essor des arts mécaniques.

Vous voyez, Messieurs, qu'on ne peut plus vivre aujourd'hui sans les mécaniciens. Je me hâte d'ajouter que l'on vit très bien avec eux et je lève mon verre à la santé des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs, à la santé de la Chambre syndicale.

Dîner du groupe de Paris de l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale.

Monsieur le Président,

Messieurs,

Les amitiés loyales et désintéressées qui se contractent sur les bancs de l'école charment la vie et l'anoblissent. Elles sont assez robustes pour résister aux épreuves et à l'absence. Elles sont assez tenaces pour survivre aux inégalités du rang et de la fortune.

L'Association amicale dont vous formez un groupe vous donne d'agréables occasions de resserrer ces liens précieux de la camaraderie.

Et c'est au milieu de ces épanchements fraternels que vous avez bien voulu m'accueillir parmi vous! Je vous remercie, Messieurs, de cette hospitalité si délicate dont je sens tout le prix.

Mais les visages amis que je retrouve ici avec plaisir ne me font pas oublier que j'ai été invité comme Président de la Société des Ingénieurs Civils.

Comme vous le savez tous, c'est un groupe d'anciens élèves de l'École Centrale qui a fondé, le 4 mars 1848, la Société Centrale des Ingénieurs Civils et lui a donné, moins de deux ans après, le titre même qu'elle porte actuellement. Les fondateurs avaient compris le grand avantage que trouverait l'institution dont ils voulaient assurer la réussite à admettre dans son sein, en même temps que les élèves de l'École, des ingénieurs civils qui avaient appris autrement la profession.

Ce principe d'un libéralisme si élevé a toujours été fidèlement suivi et nous avons progressé sans jamais dévier du chemin qui nous avait été tracé avec tant de clairvoyance.

Aujourd'hui la Société, forte et prospère, reporte à ceux qui lui ont donné l'existence l'honneur de son succès et garde sa reconnaissance à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

L'Association amicale a été créée depuis cette époque par les élèves de l'École Centrale et c'est avec bonheur que nous avons salué la naissance de cette jeune sœur. Nous suivons avec sollicitude son brillant développement.

Je suis donc assuré de parler au nom de tous mes collègues en souhaitant la prospérité de l'Association. Je bois à la santé de M. le Président et de MM. les membres du groupe de Paris.

M. LE PRÉSIDENT donne communicatiou d'une lettre par laquelle M. de Comberousse annonce que l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand vient de lui conférer le titre de membre honoraire; voici un extrait de cette lettre :

« Je sais que ce témoignage s'adresse *avant tout* à notre Société » et qu'il est destiné, suivant les paroles qui accompagnent la notifica- » tion que j'ai reçue, *à resserrer encore davantage les liens qui unissent* » *les Ingénieurs de Gand à leurs collègues de France.* »

M. LE PRÉSIDENT exprime toute la satisfaction que lui cause cette nomination, adresse ses félicitations à M. de Comberousse, et remercie l'Association des Ingénieurs sortis des Écoles de Gand du témoignage de sympathie qu'elle vient de donner à notre Société, en la personne d'un de ses anciens Présidents.

La Société a reçu une lettre annonçant que le délai d'inscription au sixième Congrès des Ingénieurs et Architectes italiens, qui doit se tenir à Venise, est prorogé jusqu'au 15 février prochain.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Piarron de Mondésir sur la *Loi de Mariotte*.

M. PIARRON DE MONDÉSIR rappelle que Dulong et Arago ont entrepris de vérifier la loi de Mariotte sur l'air, en poussant la compression jusqu'à 27 atmosphères. Ces savants ont constaté, avec un appareil fixe et l'emploi de colonnes mercurielles, des écarts qui allaient en augmentant avec la pression. Toutefois, vu la faiblesse de ces écarts, ces deux illustres physiciens n'ont point hésité à conclure de leurs expériences que la loi pouvait être admise pour l'air jusqu'à 27 atmosphères.

Regnault a repris plus tard ces expériences, toujours avec appareil fixe et colonnes mercurielles, non seulement pour l'air, mais encore pour l'azote, l'acide carbonique et l'hydrogène. Il a également constaté de faibles écarts, qui vont dans le même sens pour les trois premiers corps gazeux, mais en sens contraire pour l'hydrogène. Regnault n'a point formulé la même conclusion que Dulong et Arago. Il a vu au contraire dans ces écarts un motif suffisant pour infirmer la grande loi de Mariotte.

M. PIARRON DE MONDÉSIR s'est proposé, dans sa note, de démontrer

que les écarts observés par ces trois physiciens avaient leur raison d'être dans ce fait surtout qu'ils avaient opéré avec des appareils fixes.

Ces appareils comportent en effet deux causes d'écarts : la première qui tient au poids du gaz, et la seconde qui tient à la différence des deux pressions atmosphériques qui s'exercent sur les sommets des deux colonnes mercurielles. La première est toujours très petite et pour ainsi dire négligeable ; la seconde est relativement beaucoup plus grande.

Pour l'air, l'azote et l'acide carbonique, les deux écarts ont le même signe ; mais pour l'hydrogène ils sont de signes contraires.

C'est ce qui résulte de la théorie exposée par M. Piarron de Mondésir sur les appareils fixes, théorie complètement d'accord avec les expériences de Regnault.

Cet Ingénieur fait remarquer qu'avec un appareil mobile, on pourrait ramener les sommets des deux colonnes mercurielles au même niveau dans l'atmosphère, et faire disparaître ainsi la principale cause des écarts, en mesurant les colonnes mercurielles et les volumes correspondants sous la même pression atmosphérique.

L'expérience faite dans ces conditions ne comporterait plus alors que l'écart insignifiant dû au poids du gaz, écart qui aurait le même signe pour un gaz quelconque, et qui serait 14.40 fois moins grand pour l'hydrogène que pour l'air.

M. Piarron de Mondésir termine en demandant la nomination d'une Commission qui serait chargée d'étudier cette importante question.

M. Périssé dit que les différences entre les pressions barométriques agissant sur les colonnes mercurielles, dans les expériences de Regnault, lui paraissent très faibles, et prie M. de Mondésir de fixer par des chiffres l'importance de l'erreur commise de ce chef dans les expériences en question.

M. Piarron de Mondésir répond que cette erreur dans l'évaluation de la pression atteint 8 et même 10 millimètres de mercure, quand on pousse la pression à 27 atmosphères.

M. le Président demande si, avant de faire des expériences, avant de songer à constituer une commission, M. de Mondésir a calculé la valeur numérique des deux corrections qu'il a indiquées dans sa communication, et s'il a constaté que ces corrections avaient une importance suffisante pour justifier les écarts, — positifs pour certains gaz, négatifs pour d'autres, — qui se manifestent entre la loi de Mariotte et les expériences de Regnault.

M. Piarron de Mondésir explique qu'il n'a pas voulu entrer dans des calculs numériques devant la Société et se réfère à son Dialogue n° 18 sur la Mécanique, où il a établi par des chiffres, que ces corrections coïncident parfaitement avec les écarts signalés. Il insiste ensuite pour la nomination d'une commission.

M. LE PRÉSIDENT représente que la Société pourrait difficilement munir une commission des moyens nécessaires pour effectuer des essais. Lorsque M. de Mondésir aura préparé ses expériences, il sera plus facile d'instituer une commission pour les suivre. Du reste, le Comité sera saisi de la question. En attendant, on peut espérer que la publication du travail de M. de Mondésir lui attirera, parmi les membres de la Société, des adhérents qui entreprendront avec lui les expériences dont il s'agit.

L'ordre du jour appelle la communication de M. J. Garnier sur les *Gisements de Cobalt, de Chrome et de Fer de la Nouvelle-Calédonie, et leur emploi industriel.*

M. J. GARNIER résume son mémoire de la façon suivante : après avoir décrit la constitution géologique de la Nouvelle-Calédonie, il signale que le cobalt et les autres métaux que l'on rencontre d'ordinaire à l'état de sulfures, dans les serpentines, se trouvent à la Nouvelle-Calédonie à l'état d'oxydes ; il discute la question de savoir si ces métaux se sont formés à ce dernier état, ou, au contraire, s'ils y sont parvenus, — après formation à l'état de sulfures, — par l'oxydation du soufre.

Le minerai de cobalt de la Nouvelle-Calédonie est le « cobalt oxydé noir » ; il contient jusqu'à 14 0/0 d'oxyde de cobalt et une forte proportion de manganèse. Les Anglais l'exploitent depuis quelques années ; ils le traitent par un procédé peu connu, qui consiste, dans son ensemble, en une fusion pour mattes suivie d'une reprise par la voie humide.

Le cobalt est peu utilisé à l'état métallique, en raison de son prix élevé ; son emploi ne présente d'ailleurs pas d'avantages connus sur celui du nickel. Toutefois un alliage de cuivre et de cobalt constitue un métal dur et à grain fin, excellent pour faire des coussinets ; cet alliage doit être formé par des procédés spéciaux, sinon il est cassant.

Le cobalt est surtout employé à l'état d'oxyde, pour faire des matières colorantes bleues.

Le chrome est plus abondant à la Nouvelle-Calédonie que tous les autres métaux, sauf le fer :

Au Mont d'or (au sud de Nouméa), on le trouve à l'état de fer chromé, en conglomérats, et dans les amas provenant de la décomposition de la serpentine ; l'exploitation atteint en cet endroit 5 à 600 tonnes par mois.

Au bord de la mer, dans le sud, la plage est souvent constituée par des cristaux de chromite de fer, mélangés de sable ; ce minerai contient, avant lavage, 42 0/0 de sesquioxyde de chrome et une petite quantité de wolfram.

L'oxyde de chrome est employé comme matière réfractaire ; cet usage fut proposé, en 1867, par Pochet et Hunt, et plus tard, en 1876, par M. Audoin. En 1881, M. J. Garnier prit un brevet pour l'emploi

des divers oxydes de chrome à la confection des soles de déphosphoration de la fonte; ces soles, très réfractaires, ont l'avantage de n'être ni acides ni basiques et, par suite, de n'intervenir en aucune façon dans les réactions qui se passent dans les fours.

Cet usage s'est peu répandu à cause du prix élevé du chromite de fer, bien qu'il suffise d'une faible dose de ce corps pour produire l'infusibilité.

Le chrome est surtout employé à l'état de sels : bichromates de soude et de potasse, chromate de plomb, etc.; les propriétés oxydantes de l'acide chromique sont utilisées pour empêcher la polarisation dans les piles.

Le ferro-chrome obtenu en fondant du chromite de fer dans le four à cuve, trouve son emploi dans les arts; cette fabrication est difficile, en raison du peu de fusibilité de la fonte produite. On peut faire entrer 50 0/0 de chrome dans l'alliage, en opérant dans des creusets, à haute température.

On a essayé d'allier le chrome au cuivre rouge; il est nécessaire à cet effet de faire intervenir des températures très élevées, et encore n'obtient-on jamais un alliage complet, la masse liquide se séparant toujours en deux couches de composition différente. On réussit cependant assez bien à former, à l'aide de l'acide chromique, un alliage contenant 10 0/0 de chrome et 90 0/0 de cuivre; cet alliage est rouge, malléable et susceptible de prendre le poli.

La présence du chrome dans l'acier donne à ce métal une grande dureté, ainsi que l'a constaté Berthier. Depuis 1876, l'usine Holtzer fabrique des outils d'acier chromé, assez durs pour n'avoir pas besoin d'être trempés.

On est arrivé en France à des résultats très remarquables en durcissant des projectiles par le chrome; on produit également des tôles chromées d'une résistance considérable.

L'effet du chrome sur l'acier est analogue à celui du tungstène; ce dernier métal, employé d'abord dans la métallurgie styrienne, est aujourd'hui d'un prix très élevé; il est donc heureux que le chrome puisse le remplacer.

La Nouvelle-Calédonie possède des minerais de fer très abondants : le sol lui-même est souvent constitué par du minerai qui présente une grande valeur, en raison de l'absence du phosphore; il contient 2 à 5 0/0 de chrome.

M. Jules Garnier termine en faisant remarquer qu'il ressort de sa communication que la Nouvelle-Calédonie renferme des richesses minérales très considérables, bien que sa superficie soit restreinte. Tant par sa situation géographique que par ses ports et par le voisinage de l'Australie, ce pays est extrêmement intéressant. On peut dès maintenant prévoir que son importance ne fera que s'accroître au fur et à mesure que la population de l'Australie augmentera, ce qui se produit de jour en jour, et qu'il viendra une époque où, trouvant en

Australie un débouché pour ses produits, elle pourra se passer de la vieille Europe.

M. JORDAN pense qu'il peut être utile d'ajouter quelques renseignements à la partie historique de l'intéressante communication de M. Garnier.

En ce qui concerne l'emploi des minerais de chrome comme matériaux réfractaires, il signale les soles en fer chromé qu'établissent couramment MM. Remaury et Valton.

En ce qui concerne les aciers chromés, M. Jordan voudrait citer le nom de M. Brustlein, ingénieur des aciéries Holtzer et membre de la Société, qui a le premier réalisé en Europe leur fabrication courante. M. Boussingault a publié, il y a plusieurs années, les résultats des premiers travaux de M. Brustlein. — Quant aux remarquables propriétés des aciers chromés, on les trouvera détaillées dans divers mémoires de M. Deshayes; on peut les résumer en disant que les aciers chromés, alors même que leur teneur en carbone est relativement faible, présentent la dureté des aciers très carburés, tout en conservant entre la limite d'élasticité et la rupture une distance permettant l'allongement et la striction des aciers relativement doux.

En ce qui concerne les aciers au tungstène, l'initiative de leur fabrication industrielle peut être revendiquée par l'Angleterre. Mushet a introduit dans l'industrie, il y a quelques années (vers 1859), des aciers qui, quoique portant le nom d'*aciers titaniques*, étaient des aciers à 8 0/0 de tungstène. On les emploie du reste à d'autres usages que les aciers chromés et surtout pour outils et crochets de tours.

M. JULES GARNIER répond que son brevet pour la confection des soles au chrome remonte à 1881, tandis que ceux de MM. Remaury et Valton ont été pris plus tard, en 1883. Quant au tungstène, il fut essayé en France aux usines Pétin et Gaudet, sur les conseils d'un chimiste de Vienne, M. Kœller; ce dernier était en relation avec M. Mushet qui a vulgarisé l'usage du tungstène, et passe peut-être à tort pour l'avoir imaginé. Au reste, le tungstène était employé longtemps auparavant dans de très anciennes usines styriennes, ainsi qu'il a pu le constater dans ce pays.

M. JORDAN ajoute qu'il ne faut pas oublier le commandant Le Guen, un Français, qui a le premier employé le tungstène dans la fonderie vers 1861 ou 1862.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Jules Garnier de son intéressante communication.

MM. Antraigues, Blanpain, Blazy, Colombet, Gentilini, Gueguen, Marié, Odent, Philippe, Pluyaud, Ruffin et Vuillaume ont été reçus membres sociétaires, et M. Vaque membre associé.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

MÉMOIRE

SUR LES

PRINCIPES THÉORIQUES ET CONDITIONS TECHNIQUES

DE L'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

AU TRANSPORT ET A LA DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

SOUS SES PRINCIPALES FORMES

CHALEUR, LUMIÈRE, ÉLECTRICITÉ, ACTION CHIMIQUE
ACTION MÉCANIQUE

Par M. CABANELLAS

Raison d'être du Mémoire.

La Société des Ingénieurs Civils avait jugé que le moment était venu de traiter à nouveau devant elle l'importante Question de la Transmission du travail par l'Électricité, qui prenait d'ailleurs un intérêt particulier d'actualité en raison des expériences exécutées sous la direction de M. Deprez entre Paris et Creil. Dans ces conditions, M. H. Fontaine, l'administrateur autorisé de la Société des machines Gramme, fut, aussi, particulièrement sollicité, et nous fit l'honneur de juger, qu'à ses yeux nous étions le Spécialiste naturellement désigné, tant par nos recherches théoriques et techniques spécialisées sur le sujet depuis plusieurs années, que par ce précédent que nous avions déjà rempli un rôle analogue il y a environ quatre ans. Telle est la raison d'être du présent Mémoire.

Il résume les parties essentielles d'un Mémoire auquel la Société des Ingénieurs Civils a décerné une Médaille d'or en 1883,

les points saillants d'un Mémoire auquel en 1884 l'Académie des Sciences a voté l'Encouragement d'une Médaille de mille francs sur les fonds du Grand Prix des Sciences Mathématiques; il comprend en outre plusieurs parties nouvelles et inédites.

Comment faut-il comprendre la Question telle qu'elle se pose dans le Présent et surtout dans l'Avenir ?

La Question doit être comprise dans le sens le plus général ; il s'agit évidemment de se préoccuper de la Transmission du travail et de la Distribution sur toutes les formes principales et usuelles de l'Énergie, et il s'agit aussi de prévoir la Transmission ou Transport à toutes distances, y compris les plus grandes distances utiles.

Nous traiterons successivement le Transport et la Distribution aux points de vue théorique et technique.

Pourquoi la forme Électricité intervient-elle comme intermédiaire dans cet acte de transmission plutôt que toute autre des formes de l'Énergie sous le mode actuel (1) ?

Il est nécessaire de dire d'abord pourquoi il y a lieu de passer par la forme électrique alors que généralement nous

(1) Quelques savants, même de talent, auxquels manquait cependant le véritable esprit philosophique ont pensé que l'Electricité n'était pas une des formes de l'Energie et ont essayé de l'établir, vainement bien entendu; l'histoire des sciences enregistre parfois quelques-uns de ces sacrifices inutiles et nuisibles au goût du merveilleux. La Philosophie orthodoxe apparaît toujours plus imposante après chacune de ces tentatives malheureuses; je parle de la Philosophie dont la formule est l'unité absolue des lois naturelles, unité qui comporte variété et puissance sans limites, propres à satisfaire légitimement la soif la plus ardente du grand et du beau.

Cette Philosophie est la plus moderne de toutes, elle est aussi la plus ancienne.

Si l'on connaissait mieux la vieille Civilisation indienne, on y retrouverait certainement ces conceptions, et ce qui reste de l'Antiquité grecque ne laisse aucune indécision ; cinq siècles avant le Christ, Démocrite résumant sa Philosophie moléculaire et atomique, concluait à l'unité de la Matière, et son contemporain Héraclite enseignait l'unité de la Force, envisageant toutes les manifestations naturelles comme des transformations de la Chaleur. Ces conceptions *à priori* du génie de nos ancêtres ont trouvé des vérifications de plus en plus complètes dans les documents amassés patiemment par nos sciences expérimentales. Quelques penseurs voudraient aller plus loin

aurons à partir d'une autre forme comme source d'Énergie pour aboutir aussi à une autre forme comme emploi de l'Énergie.

Puisque l'Énergie est indestructible, si elle quitte une forme c'est pour prendre une autre forme ou plusieurs autres formes. Il est donc possible et il est utile de connaître les équivalences de l'Énergie sous ses différentes formes.

Équivalents thermo-mécanique, électro-chimique, électro-thermique de l'Énergie.

Le premier pas dans cette voie a été la détermination de l'Équivalent mécanique de la Chaleur, Les lois de Faraday et de Joule ne sont pas autre chose que l'expression des équivalences chimique et calorique de l'Electricité.

Si, maintenant, supposant ces équivalences déterminées, nous étudions chaque forme dans ses rapports avec la Matière, aussitôt s'impose la considération des deux facteurs caractéristiques : la circulation formelle dans la matière, ou le courant formel, et le potentiel de chacun des points matériels.

---

dans la marche unitaire, ils ont aussi leurs devanciers; frappés des liens indissolubles qui rivent la Force et la Matière, ils se demandent si l'une n'est pas un état particulier de l'autre, une sorte de condamnation momentanée, un stage dans un rôle subordonné, suivant une certaine fonction du temps; pour eux une seule mesure devrait suffire, l'unité d'existence cosmique, l'unité de vie. Actuellement nous avons encore le droit de distinguer,dans la Nature,l'Énergie et son Substratum matériel. Comme la Matière, l'Energie est indestructible, ses formes sont sans doute très nombreuses, quelques-unes nous sont connues à des degrès différents; c'est sous l'inspiration de nos sens que nous leur avons attribué des domaines dont les frontières répondent à des interpolations assez grossières : l'odorat, le goût, l'ouïe, le toucher, la vue, nous ont fait connaître et dénommer l'odeur, la saveur, le son, l'action mécanique, la chaleur, la lumière; plus tard seulement, nous avons connu l'action chimique, elle s'adressait moins directement à nos sens ; plus tard l'électricité pour la même raison. Plus tard encore, nous apprendrons à connaître des formes plus quintessenciées qui seront nouvelles pour nous; mais toutes, connues ou ignorées, sont, bien entendu, subjectivement indépendantes de l'état de notre perspicacité et de nos sciences. Cette prophétie est facile, l'existence des phénomènes de suggestion s'impose déjà; ils ne nous paraissent singuliers que parce que nous sommes trop ignorants d'une certaine forme de l'Energie qui doit être, comme la soudure, le lieu des réactions d'ordre psychique.

L'Energie est succeptible de deux modes, l'actuel et le différé : le mode *actuel* comprend toutes les manifestations actives, c'est la satisfaction actuelle de la tendance générale vers l'équilibre dynamique, c'est-à-dire vers la vibration à l'unisson, autrement dit vers l'égalisation de potentiels inégaux, par exemple, potentiels de chaleur ou températures, potentiels d'électricité ou tensions, potentiels chimiques ou degrés d'affinité..... Le mode est *différé* lorsque les potentiels ne sont pas laissés libres d'obéir à cette tendance : une masse soutenue malgré l'effort de gravité, un ressort bandé, l'Energie solaire emmagasinée dans les végétaux, un élément voltaïque à circuit ouvert, un condensateur, une chaudière isolée, sont autant d'exemples du mode différé. Le mode différé peut être regardé comme une réserve, un volant du dynamisme naturel, paramètre important dans les équations dont les données élémentaires procèdent par à-coup, selon la remarque profonde de Pascal.

Potentiel et Quantité formelle : relations de Fourier et de Ohm.

Pour la Chaleur, les relations de ces deux éléments sont régies par les lois de Fourier; pour l'Électricité par les lois de Ohm évidemment inspirées par les lois de Fourier, avec lesquelles elles ont beaucoup d'analogie.

Nous observons constamment que le courant formel limite est en rapport direct avec la section matérielle. Cette simple remarque nous indique que, si nous voulons organiser économiquement, sous le mode actuel, un Transport d'Énergie à grande distance, nous devrons forcément avoir recours aux potentiels très élevés sur tous les points du Canal. Il y a là une nécessité commune, applicable à toutes les formes du mode actuel, puisque la quantité d'Energie est, dans toutes ses formes, proportionnelle à la fois à la quantité formelle et à la chute disponible de potentiel.

Nécessités physiques qui imposent la forme Électricité comme médium économique en Matière et en Énergie pour les grandes Distances de Transport.

Il faut donc que la Matière du Canal puisse supporter sans changement d'état les très hauts potentiels et qu'il soit possible d'isoler assez ces très hauts potentiels pour éviter les déperditions le long du chemin.

Seule parmi les formes connues, la forme Électricité répond à ces nécessités.

Nous venons de voir que les très hauts potentiels nous sont imposés sur la Ligne par l'économie de Matière de la Ligne ou Canal servant à franchir la distance du Transport; mais en même temps l'emploi de ces très hauts potentiels nous permet de réaliser une Organisation économique au point de vue de l'Énergie consommée sur le Canal, car la loi de Joule nous apprend que ce qui reste d'Énergie sur une Ligne est proportionnel au carré du courant et à la résistance du Canal.

Le rendement n'est jamais indépendant de la Distance du Transport.

Faisons un instant abstraction complète du Générateur et du Récepteur du Transport, supposons ces appareils absolument parfaits, c'est-à-dire, rendant toute l'Énergie qu'ils reçoivent. Ne considérons donc que la Ligne. Si nous avons une Ligne d'une certaine construction, comme section et comme matière, et si nous faisons circuler, dans cette Ligne d'une certaine longueur, un certain courant, nous introduisons dans cette Ligne une certaine Énergie, produit du courant et de la chute du potentiel disponible à l'entrée du Canal.

Il se régénère en Chaleur une certaine quantité d'Énergie dépensée sur la Ligne ; la différence, entre l'Énergie introduite dans la Ligne et l'Énergie consommée par la Ligne, est l'Énergie transportée ; le rapport de cette Énergie au sortir de la Ligne à l'Énergie à l'entrée de la Ligne, est le rendement du Transport.

Maintenant, laissons constante la quantité d'Énergie introduite dans la Ligne, mais modifions ses deux facteurs, c'est-à-dire rendons plus grand le potentiel d'entrée et plus petit le courant, il restera moins d'Énergie sur la Ligne, nous aurons donc transporté une plus grande quantité d'Énergie à un meilleur rendement.

Il est clair que si nous voulons nous contenter du même Transport et du même rendement, nous pourrons allonger cette Ligne et réaliser avec le même courant plus petit, le même rendement et le même Transport à plus grande distance. Nous n'en conclurons pas que le rendement est indépendant de la distance ; car, si nous avons une plus petite distance, rien n'empêche d'employer néanmoins, le même plus petit courant avec le même plus haut potentiel d'entrée, et, par conséquent, de moins consommer sur la petite distance et de réaliser un Transport plus grand à meilleur rendement.

Le but de cette démonstration est seulement de bien établir que, laissant de côté les mérites ou les imperfections des appareils transformateurs d'énergie du départ et de l'arrivée, les supposant

même parfaits, le rendement n'en est pas moins tout à fait fonction de la distance.

En outre, quand nous allons tout à l'heure entrer dans la réalité, c'est-à-dire nous rendre compte de ce qu'est un appareil générateur et un appareil récepteur de courant, nous verrons que ces inconvénients naturels s'accentuent de plus en plus; nous verrons que, lorsque nous chercherons à faire produire, à une même carcasse de dynamo, la même Énergie sous un plus petit courant, nous serons conduit à constater que les qualités de l'appareil se trouvent abaissées, c'est-à-dire que la puissance de transformation est devenue plus faible ainsi que le rendement individuel de l'appareil.

Nécessité d'appliquer l'analyse au mécanisme complexe du Transport.

D'abord le problème du Transport électrique se présente à nous sous un aspect assurément très complexe, avec son appareil générateur et son appareil récepteur reliés par un Canal ou Ligne. Que de variables et de possibilités diverses de combinaisons ! Cette complexité excuse en partie les doctrines erronées qui ont été produites. Hâtons-nous de dire que, grâce à la méthode d'analyse, simple et féconde, mentionnée plus bas, il est possible de condenser toute la Question dans les trois propositions dominantes ci-dessous, exprimées sans un seul terme d'électricité :

Loi générale du Transport.

1° La Distance d'un Transport est toujours un élément efficacement nuisible; une plus grande Distance, à même Énergie disponible au départ, affaiblit forcément l'utilisation spécifique des matériaux du Transport et le rendement (1).

---

(1) COORDONNÉES D'UN TRANSFORMATEUR
UTILISATION SPÉCIFIQUE DES MATÉRIAUX ET RENDEMENT

L'expérience a toujours prouvé que la netteté des délimitations, des définitions (idée et terme) a la plus grande influence sur le progrès de chaque Science théorique et appliquée. Le plus souvent le travail d'analyse préalable nécessaire est l'œuvre du temps,

2° La Grandeur, l'importance de l'Énergie à mettre en œuvre au point de départ, est toujours un élément efficacement avantageux : à même Distance, une plus grande Énergie disponible augmente forcément l'utilisation spécifique des matériaux et le rendement.

3° Par conséquent, les plus grandes Distances de Transport admettent les meilleurs rendements et les meilleures utilisations spécifiques, pourvu que la grandeur disponible ait une valeur assez considérable. Ces influences opposées sont, dans les limites de nos besoins, réciproquement proportionnelles l'une à l'autre.

Remarquons de suite que, cette obligation quantitative étant la condition *sine qua non* d'existence d'une Industrie de Transport de l'Énergie, il en résulte la plus heureuse concordance des nécessités et des desiderata d'économie technique et industrielle.

Nous voici bien loin, sinon comme temps, du moins comme marche des idées, de l'époque qui laissait dire et publier, que le rendement est indépendant de la Distance. Il est aujourd'hui évident pour chacun, que le rendement n'est jamais indépendant de la Distance, seulement qu'il est possible de compenser la diminution de rendement et d'utilisation spécifique des matériaux, qui résulte nécessairement de l'accroissement de Distance, par l'ac-

---

du bon sens et du tâtonnement général, jusqu'à ce qu'un observateur, plus attentif ou plus profond, puisse codifier, c'est-à-dire dégager la vraie doctrine dogmatique.

Par économie de ce temps, je pense qu'il y a tout intérêt à orienter une Science nouvelle, dès le principe, d'après les points cardinaux qui peuvent être communs à elle et à ses aînées. Ainsi toutes les machines qui ont jamais existé, toutes celles qui existeront jamais, ne sont que des Transformateurs d'Énergie : Transformateurs d'une forme d'Énergie en une autre forme d'Énergie, ou, dans la même forme, Transformateurs par modification des valeurs respectives de la chute de potentiel et de la quantité formelle.

C'est ainsi que les machines à vapeur, à air chaud, à gaz, sont des Transformateurs entre les formes calorique et mécanique, les machines électro-chimiques entre les formes électrique et chimique, les machines thermo-électriques entre les formes calorique et électrique, dynamo-électriques entre les formes mécanique et électrique; et dans la même forme : le levier, le coin, la roue d'engrenage, la moufle, la presse hydraulique, les roues et turbines hydrauliques, les moulins à vent, les appareils appelés robinets électriques, ceux improprement dénommés générateurs secondaires, etc., transforment les valeurs respectives du courant mécanique ou électrique et de la chute de potentiel mécanique ou électrique, autrement dit et d'une façon générale, de la force motrice du cycle considéré. De fait, un Transformateur quelconque est un agrégat de plus ou moins de Matière, transformant en Énergie utile et rendant, par conséquent, plus ou moins de l'Énergie reçue. De là, nécessité de juger tout Transformateur au double point de vue de l'Énergie et de la Matière : on appelle communément (rendement) le rapport de l'Énergie rendue à l'Énergie reçue, et j'ai appelé (dépense spécifique des matériaux) le rapport du poids d'un Transformateur à la quantité d'Énergie transformée, ou, l'inverse de ce rapport : Utilisation spécifique des Matériaux.

Ces deux éléments d'appréciation du mérite d'un Transformateur sont, à priori, aussi importants l'un que l'autre, ce sont ses deux coordonnées, présentant la parité d'intérêt qui à priori s'attache à l'abscisse et à l'ordonnée qui déterminent la position d'un point sur un plan.

croissement qui résulte nécessairement de l'augmentation d'Energie mise en œuvre au départ.

Méthode d'analyse du Transport.

Nous inspirant des vues méthodiques de Descartes, nous avons cherché à simplifier de degré en degré.

Il faut s'attacher à la série naturelle en l'espèce, d'une façon assez adéquate pour être en mesure de décomposer la solution d'une Question complexe en le nombre convenable des difficultés simples qu'elle comporte essentiellement, c'est la réduction à l'unité-difficulté.

Le Transport comprend trois organes successifs transformateurs d'Énergie : 1° le Générateur; 2° le Canal ou Ligne; 3° le Récepteur. La grandeur transportée est le produit du rendement et de la grandeur d'Énergie disponible au départ. Le rendement du Transport, c'est le produit des rendements individuels des trois organes. La note (1) donne sommairement les formules qui ramènent du composé au simple, à la forme *déterminante*.

---

(1) Désignant par F le symbole de la fraction rendement, l'indice TGLR exprimant qu'il s'agit du rendement du Transport, du Générateur, de la Ligne, du Récepteur, on a

$$F_T = F_G \times F_L \times F_R ;$$

les trois organes interviennent donc à égalité proportionnelle d'influence, mais les deux extrêmes sont évidemment les plus difficiles à organiser. Les valeurs respectives individuelles sont

$$F_G = \frac{EI - RI^2}{EI}, \quad F_L = \frac{\varepsilon I - \rho I^2}{\varepsilon I}, \quad F_R = \frac{eI}{eI + rI^2};$$

I, E, R, e, r sont les éléments électriques des deux machines, ρ la résistance de la Ligne, ε la différence de potentiel à la sortie du Générateur et à l'entrée de la Ligne. Posant

$$\frac{EI}{RI^2} = m, \quad \frac{eI}{rI^2} = m', \quad \frac{\varepsilon I}{\rho I^2} = m''$$

on a

$$(\alpha) \qquad F_T = \frac{m-1}{m} \times \frac{m'}{m'+1} \times \frac{m-1}{m}$$

La Question est ramenée à l'étude de la forme déterminante $m = \frac{E}{RI}$. Il s'agit ici du Transport de la force contre-électro-motrice e. Cette donnée comprend le Transport mécanique et le Transport chimique ou électrolytique. Quant au Transport électro-calorique, l'utilisation porterait sur la totalité de la différence de potentiel ε' rendue par la Ligne à l'entrée du Récepteur; or

$$\varepsilon' I = eI + rI^2 \text{ ou } \varepsilon' = e + rI;$$

on aurait donc,

$$F_R = 1$$

Étude du Transport d'après la fonction déterminante.

La fonction déterminante permet d'établir sans peine les principales vérités acquises relatives au Transport, elle conduit à l'em-

---

Au Congrès officiel et au Congrès libre de 1881 j'ai montré que, dans nombre de cas, le Transport électrique du calorique permettra de réaliser un rendement industriel. J'ai fait remarquer que la Distribution électro-calorique ne comporte aucune perte par division.

Avec la formule (α), pour avoir le rendement mécanique net d'arbre générateur à arbre récepteur, on peut tenir compte des quote-parts mécaniques effectives et non efficaces, par corrections, soustractive du numérateur de m', et additive du dénominateur de m; mais je pense qu'il est méthodiquement préférable de conserver, partout, les valeurs brutes de E et e, parce que ce sont elles qui constituent la seule base solide, invariable et réelle en un mot du Transport électro-mécanique. Nous savons, en effet, que pour un même Générateur au même régime allure-courant, la quote-part de puissance mécanique dépensée passivement, pour y introduire une même puissance donnée électro-mécanique, peut subir des variations très considérables en plus ou en moins, suivant les agencements et dispositifs de commande, et suivant le bon entretien des paliers. Nous savons aussi qu'à même total de travail mécanique, régénéré par un Récepteur à même régime allure-courant, la quote-part non utilisable confinée passivement, peut varier, suivant les conditions spéciales analogues, entre une faible et une forte proportion de la quote-part utilisable.

Si nous désignons par e' et E' les quote-parts de force électro-motrice qui, à l'intensité de courant I et à l'allure N, représenteraient, dans chaque cas particulier d'un même Transport électro-mécanique, les puissances mécaniques passives, il faudra multiplier le triple produit (α) par $1 - \frac{e'}{e}$ pour le Récepteur et par $\frac{1}{1+E'}$, pour le Générateur. Si t, T sont les travaux correspondants à e, E et t', T' les travaux passifs correspondant à e'E', il est clair que $1 - \frac{e'}{e}$ peut être remplacé par $1 - \frac{t'}{t}$ et $\frac{1}{1+\frac{E'}{E}}$, peut être remplacé par $\frac{1}{1+\frac{T'}{T}}$. Si, par analogie, nous posons $n = \frac{T}{T'}$, $n' = \frac{t}{t'}$, n, n' seront les déterminantes du rendement individuel, dans l'ordre purement mécanique, du Générateur et du Récepteur, comme m, m' sont leurs déterminantes, dans l'ordre du rendement individuel électro-mécanique, et, la formule donnant le rendement mécanique net ou dynamométrique, de dynamomètre à frein, s'écrira

$$\frac{n}{n+1} \times \frac{m-1}{m} \times \frac{m''-1}{m''} \times \frac{m'}{m'+1} \times \frac{n'-1}{n'},$$

en fonction des deux déterminantes électro-mécanique et mécanique pure de chaque machine, et de la déterminante électrique de la Ligne.

C'est donc, en réalité, une formule à cinq facteurs, comme il est logique que cela soit, puisque sur les trois organes intervenant dans le Transport, à savoir : Générateur, Récepteur et Ligne, un seul organe, la Ligne, ne remplit qu'une unique fonction qui est électrique; les deux autres organes, le Générateur et le Récepteur, ont à la fois une fonction électro-mécanique et une fonction mécanique pure, et, en bonne analyse comme en bonne synthèse, puisque la fonction électro-mecanique peut être bien remplie et la fonction mécanique pure défectueuse, ou réciproquement, il y a intérêt à ne pas confondre ces deux fonctions distinctes du même organe. En définitive, il y a cinq facteurs, parce que la Ligne en donne un qui est son rendement électrique, et parce que chacune des deux machines donne deux facteurs : son rendement électro-mécanique et son rendement mécanique pur.

Si, au point d'arrivée, l'arbre de la Réceptrice ne pouvait commander directement l'arbre mécanique exploité, parce qu'une transformation de la vitesse angulaire serait nécessaire, il conviendrait, pour les mêmes raisons, d'ajouter un sixième facteur; ce nouveau rendement individuel de cette transmission, du nouveau Transformateur d'al-

ploi le plus avantageux des appareils existants et nous avait donné le moyen de prévoir et d'indiquer les améliorations dont la pratique des Constructeurs a sanctionné plus tard la possibilité (1).

---

lure d'axe, viendrait encore affaiblir le rendement d'ensemble, et j'y vois un argument sérieux en faveur des grandes machines électriques pouvant réaliser les grandes vitesses linéaires à moindre vitesse angulaire de leur axe. De même un septième facteur peut être nécessaire, au départ, s'il y a lieu de tenir compte du prélèvement de travail d'un Transformateur d'allure d'axe entre la machine motrice et la Génératrice; là est actuellement la raison d'être des machines motrices, à vapeur, à allure rapide. J'insiste sur l'importance possible de ces sixième et septième facteurs, car il résulte d'observations expérimentales de Tresca, que la consommation relative du travail des Transformateurs, purement mécaniques, de vitesse des axes, est parfois beaucoup plus grande qu'on ne serait tenté de le supposer. Mon point de vue, qui sera partagé par tous les esprits méthodiques, est donc qu'il n'y a que des inconvénients à masquer, par un unique coefficient, les effets de causes multiples non négligeables, sans relations forcées de variations réciproques, quand il est possible de tenir compte individuellement de ces causes. Agir ainsi, ce ne serait pas simplifier, ce serait introduire la confusion définitive dans une Question qu'il est possible et important d'élucider.

(1) Il est facile de prouver que les influences, inverses, de la Distance et de la Grandeur d'Energie exportée, sont des influences nécessaires, indépendamment des mérites ou des défauts des machines.

Supposons qu'on veuille toujours tirer le même parti, ou mieux, tout le parti possible de la Matière conductrice de la Ligne : Cela veut dire que, dans chaque unité de section, circuleront les i ampères que cette Matière doit ou peut supporter.

Nous avons présenté la déterminante de la Ligne sous la forme

$$m'' = \frac{\varepsilon}{\rho I}$$

Mettons-la sous la forme équivalente

$$m' = \frac{\varepsilon}{l} \times \frac{1}{ui},$$

étant la longueur de la Ligne et u la résistance électrique de la Matière de Ligne sous l'unité de longueur et l'unité de section, i la densité de courant.

Cette forme nous montre qu'alors les seules quantités variables sont la différence de potentiel aux bornes de la Génératrice et la longueur de Ligne.

Cette expression met clairement en évidence l'influence toujours nuisible des accroissements de Distance, et l'influence toujours avantageuse des accroissements d'Energie mise en œuvre au point de départ.

On voit que, avec un bon isolement de Ligne, on peut reculer fort loin l'impossibilité de transporter avec économie.

Il est bien entendu que cette conclusion n'est légitime que dans les limites où subsiste la loi de Ohm, et où sont pratiquement possibles les accroissements de ε. Mais n'oublions pas que, pour les machines qui doivent constituer cet ε, il s'agit seulement de hauts potentiels absolus, avec des petites différences de potentiels par espace restreint, et dans ces conditions, ce que nous savons déjà, nous convainc que les possibilités en question peuvent être facilement reportées au delà de ce que demandent nos besoins, et c'est tout ce qui nous intéresse pour le moment.

Quant à m et m', elles restent au moins constantes avec les grandes Énergies mises en œuvre, car nous aurions toujours la faculté de continuer, faute de mieux, à employer de mêmes machines élémentaires, travaillant au même régime allure-courant, en nombre convenable, en quantité pour faire le $I = Si$ de la circulation, S étant la section du Canal, et en tension pour constituer ε et ε'; toute amélioration dans les types de machines, petites ou grandes, ne pouvant d'ailleurs qu'améliorer m et m', et, par suite, être profitable au Transport.

Même s'il était possible d'établir des types d'une perfection absolue, c'est-à-dire produisant leur ε disponible individuel, avec une résistance intérieure nulle, ou, au rendement égal à l'unité, il n'y aurait pas un mot à changer à la discussion de la déterminante de la Ligne. Ce n'est donc pas du tout parce que les machines sont imparfaites que l'influence de la distance est nuisible.

Nous sommes en face d'une nécessité, d'ordre général, que nous devons retrouver dans tous les Transports, en Electricité comme en toute autre forme de l'Energie qu'il nous faut endiguer dans un substratum matériel. Il nous faut toujours pourvoir à l'alimentation personnelle de chaque ouvrier-matière qui nous prête son concours, charge

Son étude attentive nous a depuis guidé dans la voie de modifications spéciales qui sont, nous l'espérons, destinées à développer dans une importante mesure l'utilisation spécifique des matériaux des dynamos.

---

d'autant plus lourde qu'il nous faut le concours d'un plus grand nombre de porteurs successifs, et d'autant moins onéreuse qu'ils peuvent se passer de main en main des fardeaux d'un plus haut potentiel.

Quand la Nature veut vaincre la distance sans déperdition appréciable, elle est obligée de se passer de substratum matériel, ou, du moins, de l'utiliser sous ce quatrième état, sous cette forme, si peu sujette aux vicissitudes de la Matière, qu'on désigne sous l'appellation d'éther.

C'est le cas des Transports d'Energie qui sillonnent les espaces inter-planétaires entre les Atmosphères des Soleils et des Globes qui dépendent de chaque système stellaire. Mais, tout en admirant la perfection idéale du mécanisme de ces Transports, nous devons observer, cependant, que ce ne sont pas des exemples de canalisation, dans le sens où nous voulons l'employer; car l'Energie disponible, au point de départ, n'est pas endiguée dans une direction spéciale, elle est envoyée, des soleils, indistinctement dans toutes les directions rayonnantes.

La valeur d'une machine, comme quantité d'Energie régénérée, dépend du produit EI, et, comme utilisation, dépend du quotient $\frac{E}{RI}$.

Les faits techniques principaux peuvent alors être classés et énoncés comme il suit :

Il importe de diminuer R à même E et I, par conséquent : 1° d'employer du métal très conducteur; 2° de restreindre la résistance du fil mort : réalisation pratique dans les machines à lumière de M. Edison; 3° l'emploi des aimants inducteurs puissants est avantageux pour Génératrices : machines à courants alternatifs de M. de Méritens (Service des Phares), leur valeur malgré les inconvénients inhérents à la génération des courants alternatifs. Dans les machines Gramme, C type de Chatham, on passerait de 4 à 14 avec des aimants donnant le même champ.

Il est avantageux, comme rendement, d'accroître E sans accroître R; par exemple, laissant de côté la question de prix, il peut être avantageux, à même I, d'employer une plus grande longueur de fil plus gros, de même résistance totale, excitant la même masse magnétiqué.

A fortiori, il est avantageux d'employer cette longueur inductrice à exciter une plus grande masse magnétique moins saturée.

Il est avantageux, dans cette donnée, d'augmenter la masse magnétique et la masse conductrice, même jusqu'à accroître R, et cela tant que m augmente. Cet accroissement de m doit, suivant l'appropriation particulière, être balancée avec le surcroît de dépense de fer et de cuivre. Réalisation de M. Edison sur le type Siemens.

Il peut être avantageux, dans un type donné, de restreindre l'espace réservé au fil induit, en augmentant le diamètre de l'armature, quoique E diminue avec la longueur induite, si cependant m augmente parce que R diminue et parce que E augmente avec le champ magnétique qui croît par le rapprochement de l'armature des electros. Avec excitation séparée, aimants surtout, il est possible de rendre ainsi la déterminante extrêmement grande (Essai intéressant sur gros aimant feuilleté de Jamin).

Puisqu'il importe d'accroître E, I restant constant, même si R croît et tant que m augmente, les machines doivent être employées au maximum de vitesse qu'elles comportent pratiquement; donc, la donnée, naguère usuelle, d'une Réceptrice pareille à sa Génératrice, est désavantageuse; le type logique d'un Transport est l'emploi de plusieurs machines génératrices pour chaque égale machine réceptrice, afin que l'infériorité des forces électromotrices, à la réception, porte sur l'infériorité du nombre d'éléments machines et non sur l'infériorité de leur allure. Ces éléments générateurs ou récepteurs peuvent d'ailleurs être groupés en un ou plusieurs appareils et en un ou plusieurs lieux.

Quand la densité magnétique est appropriée, le fonctionnement à I réduit, accroît m, parce que E diminue moins vite que RI, mais il augmenterait le coût spécifique du premier établissement.

Si, la section d'enroulement étant divisée par K, R ne croissait que statiquement à même allure, on aurait, à même densité de courant,

$$m = m_k$$

$$m = \frac{E}{RI} \text{ et } m_k = \frac{KE}{K^2 R \frac{I}{K}} \text{ ou } m = m_k = \frac{E}{l} \times \frac{1}{ui}.$$

Nous allons d'abord analyser jusqu'aux dernières limites d'information les dynamos actuelles, en conclure la Synthèse de leur établissement dans les conditions les plus parfaites compatibles

---

l, longueur d'enroulement; u, résistance de la Matière conductrice sous les deux unités section et longueur; i, densité de courant ou courant de l'unité de section.

De même on aurait toujours,

$$KE\,\frac{I}{K} = EI,$$

le pouvoir ne changerait pas.

Mais dans la réalité dynamique, toutes choses égales d'ailleurs, l'effet résistant intérieur croît plus vite que K^2R, qui serait l'accroissement statique, et, dans une proportion d'autant plus grande que K est plus grand. Le pouvoir baisse également à même allure.

Les grandes longueurs de fil fin avec un grand nombre de circonvolutions, par paire de batais, et par vitesse afférente, sont donc à rejeter, parce qu'elles abaissent rapidement rendement et puissance.

(Dans l'expérience de Munich, on avait $m = 3, m' = 0{,}9$ avec deux machines Gramme identiques, renforcées, à des vitesses extrêmes; ces mêmes carcasses d'atelier, non renforcées, à vitesse normale, ayant une déterminante de 4 unités.)

A même type de matériel en tension et même régime allure-courant, m et m', générateur et récepteur, ne varient pas, pendant que les pouvoirs générateur et récepteur croissent proportionnellement au nombre des appareils ou éléments.

Les masses magnétiques subissent, pendant la marche des machines, des réactions du fait du mouvement du champ électrique.

La réaction est additive du champ magnétique d'un Générateur, elle est donc plutôt avantageuse.

La réaction est soustractive du champ magnétique d'un Récepteur, elle est donc toujours nuisible.

Les Aimants inducteurs sont entretenus ou améliorés par l'usage comme Générateur.

Les Aimants sont détruits par l'usage comme Récepteur (dans les conditions actuelles de force coercitive).

Toutes choses égales d'ailleurs, la réaction dans les machines dynamos est d'autant plus marquée que la saturation est plus faible, que le champ électrique et l'allure sont plus grands.

Pour s'opposer effectivement à l'exaltation ou à l'affaissement en marche, il faut dépenser une Énergie inductrice supérieure à celle strictement nécessaire au champ statique égal, cette Énergie doit être suffisante et convenablement placée pour que les masses magnétiques influençables soient saturées statiquement dans le Générateur et dans le Récepteur, et, en outre, dans le Récepteur, pour qu'elles puissent être ramenées à saturation, affaissement compris. (Le prix de l'effort statique n'est donc pas le prix de l'effort dynamique).

La déterminante de la Ligne $m'' = \frac{\varepsilon}{\rho I}$ augmenterait à même ρ, à mesure qu'on diminuerait I et qu'on augmenterait ε; la puissance reçue varierait comme le produit εI.

La déterminante de la Ligne $m'' = \frac{\varepsilon}{\rho I}$ augmente proportionnellement à ε, à même ρ et I, et proportionnellement à n, si ρ devient $\frac{\rho}{n}$, c'est-à-dire proportionnellement à la quantité d'Énergie exportée, et à la diminution de la Distance.

Si I devient $\frac{I}{K}$, ρ ne variant pas, ni la puissance disponible εI, ε devient $K\varepsilon$ et m'' devient $K^2 m''$.

Si en même temps ρ devient $n\rho$, m'' devient $\frac{K^2}{n}\,m''$.

Donc m'' ne change pas si $K^2 = n$.

Donc, dans l'hypothèse où les lois statiques auraient été légitimes en marche, m et m', ni le pouvoir ne changeant pour une valeur quelconque de finesse d'enroulement K, le pouvoir transporté et le rendement du Transport à la distance ρ auraient pu être conservés à la distance $n\rho$, pour une finesse $K = \sqrt{n}$.

avec les données qui les régissent, puis nous signalerons les perfectionnements qui sans doute feront entrer les applications industrielles de l'Électricité dans une phase nouvelle vraiment pratique et rémunératrice.

Non-efficacité des formules qui totalisent au lieu de décomposer. Efficacité de notre système de décomposition

On savait depuis longtemps que le rapport $\frac{e}{E}$ exprime le rendement mécanique brut d'un Transport, avec deux dynamos par exemple, cependant l'expérience a prouvé que cette formule n'était pas propre à éclaircir la Question, parce qu'elle ne tient compte qu'implicitement des appareils et de la Ligne.

Au contraire notre procédé d'analyse nous avait d'emblée conduit à des prévisions réalisées par la suite, telles que les perfectionnements appliqués aux machines Edison en vue de diminuer la résistance du fil mort et les perfectionnements tendant à l'accroissement du champ magnétique par diminution de la distance

---

Seulement, il y aurait lieu de ne pas s'arrêter à la finesse $K = \sqrt{n}$, il faudrait, d'emblée, employer une finesse aussi grande que possible, aussi bien avec les petites Distances ρ qu'avec les plus grandes Distances $n\rho$, car on se rapprocherait de plus en plus de la limite, à laquelle on aurait $K = \infty$ et m' infiniment grand à toutes Distances; le rendement de la Ligne serait toujours égal à l'unité, absolument comme si l'on avait $\rho = 0$, c'est-à-dire si, le courant étant quelconque, la consommation de la Ligne était nulle, parce qu'il n'y aurait pas de résistance, au lieu d'être nulle parce qu'il n'y aurait pas de courant.

Plaçons-nous dans cette donnée que la densité de circulation de la Ligne soit constante, et, mieux encore, qu'elle soit toujours maximum, c'est-à-dire qu'il passe toujours le même courant i par unité de section, celui que cette unité de section peut supporter : Si u est la résistance de la Matière de Ligne sous les deux unités section et longueur, on aura, quelle que soit la section de la Ligne, $m' = \frac{\varepsilon}{l} \times \frac{1}{ui}$, forme qui montre clairement que le rendement de la Ligne ne dépend que : 1° de la Distance; 2° de ε, c'est-à-dire de la Grandeur d'Energie disponible au départ par unité de section de Ligne.

Il en résulte qu'avec ab élément de matériel-machine de même type-régime quelconque, si l'on dispose en tension a batteries de b éléments en quantité, la densité de circulation restant la même dans chaque élément, m et m' ne varieraient pas plus pour l'ensemble des élements que pour chacun d'eux; il suffirait donc de faire a assez grand et, par suite, ε assez grand, pour que $\frac{\varepsilon}{l} \times \frac{1}{ui}$ ait la même valeur, à distance quelconque l, aussi grande qu'il sera utile, qu'à petite distance. Ce courant du régime correspondra à une certaine section de Ligne, et b peut varier de l'unité à une valeur quelconque, pourvu que la section de la Ligne varie proportionnellement. Seulement, plus la section de la Ligne sera grande, plus il sera possible d'employer des machines à plus grosse section conductrice, toutes en tension, une seule en batterie, même sans changer la carcasse élémentaire, de manière à conserver ε en améliorant m, comme cela a lieu quand grossit le fil d'une carcasse.

que j'appelle l'*entrefer*, c'est-à-dire l'écartement des deux pôles s'il y a seulement du cuivre dans l'induit, ou la distance qui existe entre les pôles et l'anneau en fer s'il y a un noyau en fer dans l'induit. Mon intention n'est pas de diminuer le mérite des Constructeurs qui, vraisemblablement n'avaient pas lu mes déductions ; mon but est seulement de prouver combien le procédé d'analyse est efficace, puisque, dès l'origine, il a permis à quelqu'un qui n'est pas Constructeur de prévoir les améliorations que la pratique ultérieure devait sanctionner.

Je vais passer rapidement en revue un point capital de l'étude des dynamos d'après leur déterminante : en développant, la valeur $m = \frac{E}{RI}$ prend la forme ;

$$m = \frac{1}{ui\left(1 + \frac{l_0}{l}\right)} ve$$

u résistance spécifique du métal de l'induit, i densité du courant dans l'induit, $\frac{l_0}{l}$ rapport du fil mort au fil actif, v vitesse, e force électro-motrice produite par unité de longueur et de vitesse dans le champ donné. Si on pose $e = a\,H$, a constante, H intensité moyenne du champ magnétique il vient :

$$m = \frac{1}{ui\left(1 + \frac{l_0}{l}\right)} vaH$$

On sait que le champ magnétique H qui entre dans cette formule est une fonction très complexe de tous les éléments qui le déterminent $H = f$ (M, i' N, S', P, d, F, F'), M, masse magnétique, i densité de circulation dans les N spires de section S' de l'enroulement excitateur, P surface polaire, d distance des parties de fer en regard comprenant le cuivre induit, F, F' coefficients représentant les formes de l'inducteur et du circuit excitateur.

Déjà, j'avais été amené depuis longtemps à considérer l'importance de l'entrefer et de la surface des pôles ; l'examen attentif des dynamos et de leurs résultats, m'a conduit à admettre que dans certaines limites la formule pouvait être simplifiée et que l'on pouvait poser :

$$H = \varphi\ (M, F, F')\ S'\,i'\,N\frac{1}{P}\frac{1}{d}$$

Ces limites sont celles où l'état magnétique est encore assez éloigné de la saturation magnétique. La formule est encore vraie en faisant rentrer S' i' N dans la parenthèse de la fonction φ, dans les limites des valeurs de H indiquées plus bas. Il est bien entendu que je parle de conditions rationnelles d'exécution, car avec des dépenses exagérées on peut, sans aucune utilité d'ailleurs, beaucoup diminuer l'influence des variations d'entrefer.

Cette formule est excessivement importante, comme on va le voir (1).

---

(1) J'avais été consulter à ce sujet M. Lippmann, nommé depuis Membre de l'Institut, à la grande satisfaction de tous ceux qui connaissent l'originalité et la profondeur des conceptions de ce jeune Savant. M. Lippmann m'informa que M. Leduc, Professeur de Physique au Collège Louis-le-Grand, poursuivait des séries d'expériences sur deux méthodes de détermination des champs magnétiques, mais M. Lippmann ne pensait pas que les résultats de M. Leduc dussent confirmer la loi telle que je l'avais établie.

Je me suis informé des résultats obtenus par M. Leduc et j'ai eu la satisfaction de constater que ses expériences étaient la confirmation de ce que je regardais comme l'expression de la vérité.

M. Leduc était surtout préoccupé d'établir de bonnes méthodes de mesure d'intensité des champs magnétiques; dans l'une il a employé le galvanomètre Lippmann réduit à un tube plat très mince, dans lequel circule un filet de mercure, traversé par un courant perpendiculaire, mesurant la pression au manomètre, sous l'action d'un courant connu.

Il résulterait des expériences de M. Leduc que si la distance d'entre-fer ne dépasse pas le rayon du cylindre polaire, la diminution d'intensité depuis la surface polaire vers le milieu de l'entrefer est négligeable ainsi que la diminution depuis l'axe vers l'extérieur, mais nous regardons ce résultat comme exceptionnel.

En étudiant le phénomène de Hall sur du bismuth, le plus diagnétique des métaux, M. Leduc a eu la bonne fortune de constater que ce métal subit une modification importante dans la résistance électrique spécifique; il a basé sur cette découverte sa seconde méthode de mesure de l'intensité.

Ces variations de résistance sont tellement considérables, que le champ variant de 0 à 10000 unités, la résistance électrique augmente de 15 ou de 26 0/0, suivant que le bismuth est pris dans une plaque ou déposé électrolytiquement.

Il est donc possible d'admettre qu'un fil métallique donné, même absolument immobile et même fonctionnant comme circuit électrique d'une intensité déterminée, de valeur rigoureusement constante, subisse cependant un accroissement, dans sa résistance électrique spécifique.

Qu'il me soit permis de répéter une fois de plus, que l'expression et l'idée d'accroissement de résistance d'un conducteur à température constante n'a rien de choquant pour le Physicien qui voit les choses de haut et est assez Philosophe pour regarder ce que la Science actuelle lui apprend comme un bagage des plus modestes et quelquefois des plus contestables, parce qu'il est dans la nature humaine d'être toujours portée à ériger en vérité générale ce qu'elle a observé dans un certain nombre de cas qu'elle croit représenter la généralité des cas, ignorant jusqu'à la possibilité d'influence des paramètres qui, *à priori*, lui semblent totalement étrangers à l'équation qui la préoccupe; elle est donc souvent exposée à négliger des éléments indispensables puisqu'ils interviennent effectivement.

Ma pensée est que la Physique contemporaine manque encore trop de vues d'ensemble, en particulier en ce qui concerne les phénomènes et les propriétés physiques et leurs actions réciproques.

Je pense que l'influence d'un Milieu physique, magnétique par exemple, ne peut jamais être négligeable à aucun point de vue physique quelconque, et que toutes les circulations et tous les états formels physiques doivent être affectés par l'état magnétique du Milieu; du reste on peut noter que les effets physiologiques des champs magnétiques sur les êtres animés sensitifs sont déjà un premier indice qu'il y a lieu de ne pas méconnaître.

Il est vraisemblable que les causes des phénomènes et les propriétés de ce que nous appelons la Matière ne font qu'un tout d'une diversité inépuisable, analogue à la diversité sans limite des combinaisons possibles avec des unités de même nature,

Si dans un champ magnétique, sans rien changer, on introduit une cale de fer, de la moitié de l'entrefer, on double presque l'intensité magnétique du champ, pourvu que l'intensité première ne dépasse pas 3000 à 4000 unités, l'accroissement diminue naturellement à mesure que l'intensité du champ est plus considérable, cependant pour un champ de 12000 dont on diminue l'entrefer de moitié, le champ peut encore passer à 15000.

Or, j'ai fait le calcul des valeurs des intensités des champs magnétiques des diverses dynamos, et les plus grandes valeurs, celles des machines d'Edison, ne dépassent guère 5000 unités. Les machines de Creil n'atteignent pas 2000 G.G.S. Je citerai quelques-unes de ces valeurs.

Ce que nous avons dit de la modification de la valeur du champ magnétique en fonction de la surface des pôles et de leur distance nous conduit à faire une remarque sur la marche suivie par les Constructeurs de dynamos.

Cette marche est caractérisée par trois dispositions : la première est la disposition adoptée par les Constructeurs des premières machines, elle consiste à épanouir les pôles de l'électro. Ensuite, on a tendu à établir la machine conformément à la seconde disposition, dans laquelle l'épanouissement est supprimé, et la surface polaire est égale à celle du noyau. Enfin une tendance future pourra être celle dans laquelle la surface polaire réduite est plus petite que la section du noyau.

Ce moyen est ancien et efficace ; dans tous les laboratoires de Physique se trouvent des électro-aimants armés de pièces ayant une forme d'enclume ; on peut citer l'exemple d'une paire d'aimants feuilletés de Jamin, de dimensions moyennes, dont on a pu ainsi obtenir un champ de 18000 unités G. G. S.

J'ai indiqué une expérience dispendieuse qui serait intéressante, elle consisterait à dépenser assez de fer pour partir de l'intensité

---

l'unité physique étant ici l'Energie ou vie cosmique. Je ne puis concevoir, même dans un intérêt d'abstraction, l'idée de Force sans l'idée de Matière, ni l'idée d'action de la Force sur la Matière sans l'idée d'action de la Matière sur la Force, parce que la Force ne peut être que l'orientation, la polarisation et l'intégration de ce quelque chose qui est inséparable de la Matière et qui au fond malgré une première distinction grossière doit être de même essence que la Matière.

La Science physique actuelle se borne en général à examiner l'action de la Force sur la Matière et ses propriétés, et ce point de vue a l'inconvénient grave de faire pour ainsi dire admettre implicitement que la Force est plus restée dans le Ciel et est moins a notre portée que la Matière ; il en résulte une timidité fâcheuse et cette tendance à moins oser imposer notre action organisatrice à cette coordonnée cosmique.

magnétique terrestre dont nous disposons, laquelle est inférieure à une demi-unité, 0,45, dans le sens de l'aiguille d'inclinaison, et la condenser par une sorte d'entonnoir magnétique, jusqu'à lui faire produire un champ de très grande intensité. Cela rappellerait jusqu'à un certain point les condensations de chaleur du système Mouchot.

Si nous passons à la réalité en marche, nous voyons que la valeur de la force électro-motrice $E = H\,v\,l\,a$, que nous avons admise dans l'expression de la déterminante, doit être modifiée, en ce sens que a peut cesser d'être une constante, et alors la force électro-motrice est égale au produit du champ magnétique par la vitesse, par la longueur utile et par le terme a augmenté ou diminué d'une certaine quantité qui modifie ce terme.

Cette quantité est une fonction de toutes les quantités dont nous avons parlé ; cette complication est la traduction algébrique de la réaction physique que j'ai eu l'honneur de découvrir et de signaler, qui a été longtemps contestée, réaction due à l'influence du champ électrique induit en mouvement, c'est-à-dire à l'influence, sur le champ magnétique, du déplacement constant du courant qui circule dans chaque fil de l'induit, déplacement qui n'empêche pas que dans le même espace il y ait toujours la même quantité de courants induits élémentaires de même sens.

J'ai donné un grand nombre de preuves de la réalité de cet effet.

J'ai eu l'honneur également de signaler cet autre fait, aussi contesté et maintenant admis, que la résistance intérieure de l'appareil induit éprouve en marche une modification physique qui se traduit par un accroissement d'effet résistant au passage du courant, Je proposais, dès l'origine, de représenter cet accroissement de difficulté au passage du courant par un accroissement portant sur la résistance électrique du fil induit. Quelques personnes, parmi lesquelles M. Joubert, ont pensé qu'il était préférable de le représenter par une force contre électro-motrice; mais l'expérience a montré que, dans l'application, des Physiciens des plus autorisés avaient pu commettre des erreurs dans la manière de faire intervenir cette forme de correction ; tandis que, en employant un accroissement de résistance, il devenait impossible de se tromper.

D'ailleurs, la théorie classique de la self-induction est insuffisante à rendre compte du phénomène, on voit en effet que si on considère une machine d'une carcasse donnée, fonctionnant à même densité de courant avec une grosseur de fil quelconque, la perte devrait être la même, comme l'a remarqué M. Arnoux, quelle que soit la section du fil induit : or, l'expérience a montré que la perte de puissance de la machine, avec du fil fin et de très nombreuses circonvolutions, pouvait aller jusqu'à 1/3; tandis que, au contraire, avec une machine à gros fil, elle peut n'être que de 2 0/0. Il y a donc autre chose que la self-induction parmi les réactions complexes qui doivent intervenir.

J'ai signalé une action électro-statique : il doit se créer des sortes de condensateurs dans l'induit, et on voit très bien que les charges de ces condensateurs sont plus importantes quand les fils sont minces; la différence de potentiel est plus grande, et la surface des condensateurs est plus considérable aussi.

Enfin il n'est pas possible de ne pas admettre les effets établis par les expériences récentes d'un Savant anglais distingué, M. Hughes.

M. Hughes a prouvé qu'avec les courants hors de la période permanente, la résistance spècifique du métal n'est plus celle qui correspond aux cas où un courant fixe est établi. M. Hughes invoque un effet de self-induction qui incontestablement n'existe pas moins en principe dans les fils rectilignes.

Lord Raleigh qui a repris les travaux de M. Hughes n'en conteste que la théorie et conclut que la véritable explication consiste à admettre un accroissement de la résistance spécifique du métal. Pour l'Ingénieur ces désaccords théoriques ont un intérêt secondaire, l'importance réside dans le fait.

Cette modification de la résistance spécifique effective est fonction, dans une certaine limite, du diamètre du fil, mais est toujours proportionnelle à sa longueur.

Cela tend à faire comprendre pourquoi les machines à fils fins, et par conséquents longs, sont dans des conditions désavantageuses.

MM. Ayrton et Perry, en Angleterre, ont admis notre manière de compter par surcroît de résistance.

Enfin, certains Constructeurs commencent à prendre l'habitude

d'employer, pour leurs calculs personnels, une valeur de résistance intérieure en marche qui tient compte de tous les accroissements, y compris celui dû à la température.

La réaction du champ électrique sur le champ magnétique a été mise en doute par M. Deprez ainsi que le déficit des machines à collecteur,

L'expérience de Munich est venue apporter son contingent de preuves, M. Deprez croyait avoir transporté un demi-cheval avec un rendement de 68 0/0. Le Générateur et le Récepteur étaient deux machines Gramme identiques, ayant croyait-on, les mêmes valeurs de champ magnétique, puisque le même courant traversait des électros identiques : il paraissait très rationnel pour avoir le rendement, de diviser la vitesse du Récepteur par la vitesse du Générateur et le quotient de $\frac{1400}{2100}$ donnait 68 0/0 de rendement.

Nous avons prouvé, à l'époque, que le rendement n'était pas plus de 14 0/0. L'explication de ce désaccord est que les deux champs magnétiques étaient inégaux : en marche le champ du Générateur était augmenté, le champ du Récepteur diminué, et pour être dans le vrai, il fallait multiplier le rapport des vitesses par le rapport des intensités des champs magnétiques réels. On trouvera, plus bas l'énumération des preuves de cette réaction.

Je citerai une démonstration nette qui résulte d'un fait relaté dans le Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques de N. Sylvanus Thompson, Professeur Anglais.

Voici cette preuve : M. Sylvanus Thompson indique un moyen de calculer la force électro-motrice d'une machine, dont on connaît le courant et la vitesse, étant donné qu'on ait une autre valeur de la force électro-motrice au même courant et à une autre vitesse. Pour une dynamo Siemens au courant de 20 ampères, à la vitesse de 950 tours, la force électro-motrice conclue de la simple règle de trois qu'il indique devrait être de 119 volts à 1450 tours, tandis que la valeur réelle est de 127 volts, ce que l'auteur constate sans l'expliquer et en s'étonnant. L'explication est que le champ magnétique était plus puissant à 1450 tours qu'à 950, sous le même courant de 20 ampères.

Je citerai encore ici, à cause de sa simplicité, la preuve qui

consiste à disposer une petite masse de fer mobile à portée de l'électro d'une dynamo ; ce petit levier pesant étant d'une sensibilité convenable, et portant un index mobile sur une graduation, on constate que si on fait passer un courant dans les électros, l'index marque une certaine inclinaison. M. Arnoux a souvent fait cette expérience avec les dynamos de la maison Siemens.

On met en marche la machine en faisant passer un courant distinct dans l'induit, l'inclinaison augmente si la dynamo tourne dans le sens générateur et diminue dans le sens récepteur.

Les deux réactions sur l'effet résistant électrique et sur le champ magnétique ayant été mises en doute par M. Deprez, je n'ai pas trouvé de meilleur argument que de prendre les résultats de ses propres expériences consignées dans le Tableau suivant.

TABLEAU NUMÉRIQUE

confirmant les deux réactions, en marche, sur les valeurs effectives de la résistance intérieure et du magnétisme inducteur des machines dynamo-électriques.

Machine GRAMME, type A, renforcée, à 1110 tours par minute.

Résistance de l'anneau . . . . $R = 0{,}145$
Résistance de l'inducteur. . . $R_b = 0{,}195$
Résistance intérieure statique. $R_a = R_a + R_b = 0{,}340$

COURANT	EFFORT à la circonférence unité			PUISSANCE en watts			ACCROISSEMENT résistant intérieur	FORCE électromotrice		RÉSULTANT intérieur effectif		FONCTION déterminante	RENDE ENT indi iduel de la machine	PUISSANCE fournie à la machine
1	2	3 (1)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	$F = 2\pi r c$	$f = \frac{(R_a+p)}{g} 12 \times \frac{60}{N}$	$\frac{F-f}{F}$	$EI = \frac{FN\pi}{60}$	$(R_a+p)\,I^2$	$D = EI - (R_a+p.I^2$	$\frac{D}{I}$	$\frac{D}{I^2}$	$(R_a+p)\,I$	$E = R\,I + p.I + \frac{D}{I}$	$R = R_a + \frac{D}{I^2}$	RI	$m = \frac{E}{RI}$	$R_s = \frac{m-1}{m}$	$\frac{EI}{13\,g}$
ampr.	kg.	k.	p. 100	watts	wat s.	watts.	volts	ohms.	volts.	volts.	ohms	volts.	n. a.	p. 100	chx.
2	0.120	0.0864	28 »	21	16	$5 = \frac{1}{4}$ EI	2 50	$1\,25 = 9{,}3\,R_a$	8 00	10 50	1 59	3 18	3 3	60	0 03
4	0.401	0.3125	21 8	72	50	$13 = \frac{1}{5{,}5}$ EI	3 25	0 84	11 75	16 00	1 15	4 60	3 9	74	0 09
6	0.800	0.6500	18 7	144	120	$24 = \frac{1}{6}$ EI	4 00	0 76	14 00	18 00	1 10	6 10	3 7	73	0 19
8	1.300	1.1200	13 85	253	208	$45 = \frac{1}{6}$ EI	5 62	$0\,70 = 6\,R_a$	20 00	24 60	1 10	8 32	3 7	73	0 34
10	2.000	1.6500	17 50	382	305	$57 = \frac{1}{6}$ EI	5 70	0 57	26 10	31 62	1 04	9 10	3 9	74	0 50
12	2.700	2.270	15 10	490	420	$70 = \frac{1}{6}$ EI	5 81	$0\,48 = 4\,R_a$	30 50	36 20	0 94	9 84	4 1	75	0 67
14	3.400	2.830	16 75	617	543	$75 = \frac{1}{6}$ EI	5 36	0 38	35 00	40 80	0 92	10 08	4 3	77	0 84
16	4.200	3.175	24 40	762	680	$82 = \frac{1}{9}$ EI	5 13	0 32	38 75	44 11	0 72	10 56	4 5	77	1 04
18	5.000	4.450	11 »	907	770	$137 = \frac{1}{5}$ EI	7 61	0 43	42 76	50 37	0 76	13 68	3 7	73	1 23
20	5.900	5.200	10 35	1052	915	$137 = \frac{1}{5}$ EI	6 85	0 34	45 75	53 60	0 66	13 60	3 8	74	1 43
22	6.800	6.050	11 »	1234	1122	$112 = \frac{1}{11}$ EI	5 09	0 21	51 00	56 00	0 57	12 51	4 4	77	1 68
24	7.600	6.900	9 20	1379	1278	$101 = \frac{1}{12}$ EI	4 21	$0\,18 = 2\,R$	53 25	57 46	0 52	12 48	4 6	78	1 88
26	8.300	7.700	7 23	1506	1340	$70 = \frac{1}{20}$ EI	2 92	0 11	55 00	57 92	0 45	11 70	4 5	79	2 05
28	9.200	8.500	7 61	1669	1575	$94 = \frac{1}{17}$ EI	3 35	0 12	56 25	5 60	0 46	12 88	4 6	78	2 27
30	10.000	9.300	7 »	1815	1717	$98 = \frac{1}{19}$ EI	3 27	0 11	57 25	60 58	0 43	13 50	4 6	78	2 47
32	10.800	10.200	5 55	1960	1803	$97 = \frac{1}{20}$ EI	3 03	0 09	54 25	61 28	0 43	13 76	4 6	78	2 66
34	11.800	10.800	8 50	2141	2006	$135 = \frac{1}{18}$ EI	1 69	0 11	59 00	62 61	0 45	13 30	4 0	75	2 91
36	12.600	11.600	8 70	2286	2133	$151 = \frac{1}{18}$ EI	4 26	0 12	59 25	63 31	0 46	16 56	4 3	77	3 10
38	13.300	12.200	8 95	2418	2261	$152 = \frac{1}{15}$ EI	4 00	0 10	59 50	63 50	0 44	16 72	3 8	74	3 38
40	14.200	12.900	9 15	2567	2390	$167 = \frac{1}{12}$ EI	4 66	0 12	59 75	64 41	0 46	18 40	3 5	71	3 49
42	15.100	13.600	9 95	2740	2520	$220 = \frac{1}{11}$ EI	5 24	0 13	60 00	65 24	0 47	19 74	3 8	73	3 73

(1) Cette colonne porte $\frac{EI}{g} \times \frac{60}{N}$ dans le Tableau de M. Deprez, mais le E de M. Deprez n'étant pas la force électromotrice vraie, nous avons préféré mettre à sa place l'expression qui lui a servi à calculer cet E.

Ces chiffres sont relatifs à une machine Gramme, type A (renforcée) tournant à 1110 tours par minute.

Ce Tableau est tout à fait intéressant, en ce sens qu'il permet de trancher la question d'une manière définitive, attendu que, dans cette série expérimentale, l'électro-aimant était placé sur des couteaux, suivant la méthode de Smith, et l'on mesurait, à chaque courant, l'effort électro-magnétique qu'il fallait exercer sur l'électro-aimant pour le maintenir dans une position donnée, pendant la marche réelle ; puis, pesant également l'effort qu'exerçait un courant identique dans l'inducteur et dans l'induit, l'anneau immobilisé, on s'apercevait qu'il y avait une différence entre les deux pesées (1).

---

(1) En admettant que les chiffres dont nous sommes partis aient été observés avec toute la rigueur désirable, on y verrait d'abord une vérification de ce que nous disions plus haut : que si la plus admirable unité a présidé à l'organisation du Monde physique, les plus simples faits dynamo-matériels n'en sont pas moins complexes par la raison qu'avec une seule unité la Nature peut réaliser des combinaisons en nombre incalculable ; aussi, dans la Nature, presque rien n'est simple quand on y regarde d'assez près. En particulier, la plupart des faits relatifs aux déplacements de l'Énergie sont les effets résultant d'un ensemble de causes vraisemblablement très multiples; ces causes secondes n'étant bien entendu elles-mêmes que des effets. Nous avons donc été bien inspiré, quand, dès le principe de nos echerches, nous nous sommes efforcé de nous rendre compte des dominantes, afin de pouvoir totaliser expérimentalement toutes les causes efficientes, connues ou inconnues, par deux termes qui comprennent certainement tous les effets, en ce qui nous intéresse avant tout, c'est-à-dire en ce qui touche les relations que l'appareil peut avoir avec l'extérieur. Le Tableau prouve en particulier que les réactions de self-induction mises en avant par M. Joubert sont tout à fait impuissantes à rendre compte du déficit de cette machine, si on admet comme lui que le coefficient de self-induction de l'induit soit fixe, puisque le déficit à même vitesse devrait alors croître proportionnellement à $2\,U\,I^2$, c'est-à-dire à I^2 et que nous voyons le déficit ne jamais croître avec cette rapidité. croître souvent moins vite que I et même parfois décroître lorsque le courant croît. Il est certain pour nous que U doit décroître quand I augmente, pour devenir à peine différent du coefficient de la bobine de cuivre lorsque le fer est à saturation.

Le Tableau nous montre que le déficit croît en valeur absolue jusqu'à son maximum à 18 et 20 ampères, puis décroît jusqu'à son minimum a 20 ampères pour recroître alors graduellement jusqu'à 42 ampères, terme du Tableau. En même temps, le déficit spécifique. ou relatif à la puissance de la machine, décroît graduellement, avec quelques fluctuations de 2 ampères jusqu'à 26 ampères, passant par les valeurs 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, jusqu'à seulement 1/20 de la puissance. Cet état de minimum paraît comprendre les courants de 26 à 32 ampères, à partir desquels la croissance du déficit spécifique se manifeste, jusqu'au terme du Tableau, passant par les valeurs 1/18, 1/17. 1/12, 1/11. Le déficit, comparé à la seule dépense statique du circuit de l'anneau, correspondrait à une résistance de l'anneau, rendue 9 1/2 fois plus grande pour une circulation de 2 ampères, rendue 6 fois plus grande pour une circulation de 8 ampères, rendue quatre fois plus grande pour une circulation de douze ampères, triplée pour une circulation de 21 ampères, et doublée environ, à partir d'une circulation de 25 jusqu'à 42 ampères, terme du Tableau. A partir du courant de 2 ampères, à la valeur de 3,3 (nombre absolu) correspondant au rendement individuel, de 69 0/0 et à la puissance de $0^{ch},02$ pour la Génératrice, la déterminante croît jusqu'à un premier maximum de 4,5 pour 16 ampères, puis atteint le maximum absolu de 4,9 pour 26 ampères, correspondant à un rendement individuel de 79 0/0 et à une puissance de $2^{ch},04$. La déterminante décroît alors jusqu'à la valeur de 3,8 à 42 ampères, terme du Tableau, correspondant à 73 0/0 de rendement individuel, et à $3^{ch},72$ de puissance de la Génératrice. Il est inutile d'insister sur l'intérêt de ce type de Tableau. On voit qu'il confirme de la façon la plus parfaitement décisive, nos affirmations relatives à l'accroissement de l'effet résistant effectif en marche.

On voit combien il est erroné de calculer la force électro-motrice par la formule

J'ai indiqué un moyen d'analyser le déficit, de façon à montrer réellement s'il est dû, en totalité, comme le pensait M. le docteur Froelich, à des courants parasites circulant dans la masse de fer de l'induit, ou bien, comme je le pense, dans la plupart des cas,

---

$E = (R_s + \rho)\ I$. Les mesures de M. Deprez confirment également nos affirmations sur la réaction du champ électrique sur le champ magnétique, réaction additive pour le sens de la marche d'une Génératrice.

De sorte que les mesures expérimentales de cet auteur viennent prouver, sans contestation possible, la realité des deux ordres d'effets secondaires qui peuvent être fort importants, et que ce Savant avait contestés depuis que nous avons eu l'honneur de les signaler à la Science. Le numéro du Recueil, auquel nous avons emprunté les chiffres servant de point de départ, reconnaît, à la page 43, *Lumière Electrique*, 5 janvier 1884, par la plume de l'auteur, que les efforts en marche sont plus forts que les efforts mesurés, au repos, à mêmes courants. L'auteur dit encore que les efforts calculés par la formule

$F = \frac{EI}{g} \times \frac{60}{N}$ concorderaient avec les efforts, mesurés au repos, et en tire des conclusions que nous allons examiner. Nous ne sommes pas en mesure d'apprécier quel est le degré de concordance dont il est parlé, car le lecteur est renvoyé à la courbe n° 29, et cette courbe page 42 est relative à une machine toute différente, à galvanoplastie, dont les efforts statiques varient de 20 grammes à 2ᵏᵍ.851 entre 1 et 42 ampères, tandis que dans la machine considérée, les efforts varient de 120 gr. à 15 kg. entre 2 et 42 ampères, un malentendu de composition d'imprimerie, sans doute, empêche donc la vérification. Mais, admettant l'affirmation, nous constatons que, par cela même que l'on calcule F par la formule $F = \frac{EI}{vg}$, ou plus exactement par la formule $F = (R_s + \rho)\frac{I^2}{vg}$ puisque l'auteur calcule E par la formule $E = (R_s + \rho)\ I$, on trouve naturellement un F plus petit que la réalité, parce que dans la réalité E est plus grand que $(R_s + \rho)\ I$, le Tableau le prouve. C'est donc pour cette raison bien simple que le calcul donne un F plus petit que la valeur réelle mesurée par pesée directe en marche. L'auteur remarque que ces valeurs (qui sont trop petites) s'écartent peu des valeurs des efforts mesurés, la machine stoppée, sous les mêmes courants, il y voit une confirmation, une vérification de la théorie électrique des machines. Ce ne serait pourtant, tout au plus, qu'une concordance, qui prouverait simplement que dans la machine essayée, la force du champ magnétique est plus grande en marche qu'au repos, à ces mêmes I, et que cette diminution arbitraire, introduite par le calcul; $F = (R_s + \rho)\frac{I^2}{vg}$, diminution qui dépend du déficit D et qui a pour valeur, $\Delta F = \frac{D}{vg}$ kilogr., concorderait à peu près avec l'augmentation, fonction de l'accroissement du champ magnétique en marche. Mais, supposons que l'auteur prenne les mêmes mesures et fasse les mêmes calculs avec une machine (compensée), établie de façon que le champ n'augmente pas pendant la marche, à partir d'un certain courant, comme cela est possible en proportionnant convenablement le circuit inducteur à la masse magnétique, en sorte qu'elle soit suffisamment saturée au repos; une telle machine n'aura pas moins son déficit, et par conséquent : $F = (R_s + \rho)\frac{I^2}{vg}$ sera toujours trop petit. De ces conditions, il résultera que le F calculé par cette formule ne concordera plus avec F au repos, mais sera plus petit que F au repos qui, ici, sera égal à F en marche.

La colonne 4 nous montre que si les efforts calculés par la formule $f = \frac{(R_s + \rho)I^2}{g} \times \frac{60}{N}$ diffèrent peu des efforts mesurés statiquement, les F ne seraient pas toujours supérieurs aux efforts statiques de 7 *à 10 0/0 seulement*, comme le dit l'auteur, puisque, dans la première moitié du Tableau, $\frac{F-f}{F}$ varie de 10 à 28 0/0.

Toujours dans la même hypothèse d'exactitude, on pourrait y voir une vérification de ce que l'influence relative de la réaction doit être d'autant plus grande que la masse est moins magnétisée, par conséquent plus influençable.

s'il est dû en majeure partie aux effets dont nous avons parlé; la méthode fixe d'ailleurs la valeur numérique de chacun de ces effets quand ils coexistent. (*Voir* (1) *page 82.*)

De même, pour l'analyse intime du champ magnétique, j'ai donné le détail d'une méthode permettant de fixer les valeurs numériques de chacune des composantes magnétiques dont la résultante constitue le champ magnétique effectif : l'effet créé par la circulation du courant dans l'inducteur est la première composante, l'effet dépendant du courant dans l'induit, même immobilisé, est la seconde composante, et enfin l'effet dont nous avons parlé en marche donne la troisième composante. (*Voir* (2) *page 83*).

Leplay, après avoir beaucoup étudié les peuples heureux ou misérables, en décadence ou en progrès, en arrive à affirmer que la clef de tous les effets subsidiaires est l'état moral des peuples, leur degré dans le vice ou dans la vertu.

La méthode analogue que j'ai appliquée à l'étude des dynamos m'a conduit à des conclusions analogues, le point capital réside dans l'état du développement de puissance de champ magnétique; l'intensité magnétique est l'âme de la dynamo, là réside la force ou la faiblesse de sa constitution.

Toutes les réactions fâcheuses représentent ce qu'est, pour un individu, le cortège des maux qui l'attendent à chaque pas, lorsque, par hérédité ou par diathèse acquise, sa constitution est trop appauvrie; la lutte contre chaque symptôme est impossible et sans efficacité, il faut refaire cette constitution.

J'ai donc été conduit d'abord à représenter tous les actes des dynamos en fonction de l'intensité de leur champ, par exemple leur puissance totale, leur puissance extérieure et leur rendement.

Ces considérations et ces formules nouvelles sont d'une simplicité et d'une commodité extrêmes ; grâce à elles nous arriverons de suite à déterminer quelle serait la valeur du champ magnétique d'une machine qu'il serait possible de faire travailler sur un circuit extérieur égal à la résistance du circuit intérieur. Admettant une vitesse de 20 mètres par seconde, un coefficient de rapport de fil mort au fil utile de 1,5, et une densité limite de 4 ampères par millimètre carré, on voit que 170 unités est la valeur de champ qui correspond à une machine qui pourrait fonc-

tionner sur une résistance extérieure égale à sa résistance intérieure d'anneau, c'est-à-dire que toute machine ayant un champ magnétique plus fort serait brûlée dans ces conditions de circuit extérieur.

On arrive, au contraire, à cette conclusion immédiate, grâce à cette formule, que, s'il s'agit d'une machine dont l'intensité soit de 5000 unités, le plus bas fonctionnement de cette machine, la plus basse résistance extérieure, correspond à une résistance de cinquante-sept fois la résistance intérieure de l'induit. (Note page 65).

Si on se rend compte des rendements, on s'aperçoit que plus une machine est mauvaise, c'est-à-dire plus en travail. maximum, elle fonctionne à une résistance extérieure relativement faible, plus il y a intérêt à diminuer la densité du courant induit pour avoir un meilleur rendement.

Mais quand une machine est bonne, par exemple s'il s'agit d'une machine de 5000 unités, on s'aperçoit qu'il n'y a aucun intérêt à agir au-dessous de cette puissance maximum, à tel point que la bonification de rendement serait toujours inférieure à 1 0/0, sur un rendement déjà excellent. On diminuerait donc, dans une proportion considérable, l'utilisation des matériaux, sans rien gagner sur le rendement.

Evaluation numérique des valeurs des deux coordonnées des Transformateurs.

L'application au Transport de Creil, des formules de la note (1)

---

(1) Tout Transformateur simple ou multiple d'Energie (mode actuel) reçoit par unité de temps une certaine quantité d'Energie dépensée pour son alimentation, et rend une certaine quantité plus petite d'Energie utilisée. Soient W_d et W_u ces puissances en chevaux de 75 kilogrammètres.

Ce Transformateur devant être jugé à 2 points de vue distincts et *a priori* aussi importants l'un que l'autre, je désigne par F le rendement $F = \frac{W_u}{W_d}$ et par D et U ce que j'ai appelé la dépense spécifique des matériaux et l'utilisation spécifique des matériaux: P étant le poids des matériaux du Transformateur en kilogrammes, la valeur de cette seconde coordonnée est $D = \frac{P}{W_u}$ kilogrammes par cheval utile ou $U = \frac{W_u}{P}$ chevaux utiles par kilogramme.

Lorsqu'une transformation est le résultat de plusieurs transformations successives

nous montre que la dépense spécifique des matériaux est sans compter les poteaux télégraphiques, de 1,986 kilogrammes par cheval utile, pour les machines Gramme d'émission et de réception et la Ligne, dans les conditions où le Transport est réalisé. Admettant qu'il ait été réalisé comme il devait l'être, c'est-à-dire qu'il comporte cent chevaux transportés au lieu de quarante, la dépense spécifique tomberait à 1,014 kilogrammes par cheval utile.

Les dynamos de M. Deprez ont un rendement d'Énergie transformée de 81 0/0 pour la Génératrice, de 87 0/0 pour la Réceptrice, une dépense spécifique des matériaux de 506 kilogrammes pour la Génératrice, et de 439 kilogrammes pour la Réceptrice, par cheval utile, alors que les dynamos d'Édison de grande

---

opérées par des Transformateurs distincts, il est nécessaire de discerner la part d'intervention de chacun d'eux dans l'œuvre commune. — L'analyse précise respective des mérites individuels de chacun d'eux peut seule conduire sûrement à l'amélioration du résultat total, jusqu'aux limites d'avantages maxima imposées par la nature des choses. Nous verrons même à propos des machines électriques qu'il convient souvent d'appliquer le principe de décomposition successive jusqu'à des limites extrêmes.

Soient n Transformateurs successifs, la puissance utile de l'ensemble sera la puissance utile du n^{me} Transformateur, et la puissance dépensée de l'ensemble sera celle du premier Transformateur. Affectons les indices 1, 2, 3..... n, T placés avant les lettres W, F. P, D, U, à l'indication du Transformateur, et les indices d, u après la lettre W, comme distinction de la puissance dépensée ou utile, nous aurons les relations :

$$ {}_1W_u = {}_2W_d \ldots\ldots {}_{n-1}W_u = {}_nW_d \; ; \; {}_TW_d = {}_1W_d \; ; \; {}_TW_u = {}_nW_u \; ;$$

$$ {}_TF = \frac{{}_nW_u}{{}_1W_d} ; \; {}_TF = \frac{{}_1W_u \times {}_2W_u \times {}_3W_u \times \ldots \times {}_nW_u}{{}_1W_d \times {}_2W_d \times {}_3W_d \times \ldots \times {}_nW_d} ; \; {}_TF = {}_1F \times {}_2F \times {}_3F \times \ldots {}_nF ;$$

$$ {}_1D = \frac{{}_1P}{{}_1W_u} ; \; {}_2D = \frac{{}_2P}{{}_2W_u} \ldots {}_nD = \frac{{}_nP}{{}_nW_u} ; \; {}_TD = \frac{{}_1P + {}_2P + {}_3P + \ldots {}_nP_u}{{}_nW_u} ;$$

$$ {}_TD = \frac{{}_nD}{1} + \frac{{}_{n-1}D}{{}_nF} + \frac{{}_{n-2}D}{{}_{n-1}F \times {}_nF} + \frac{{}_{n-3}D}{{}_{n-2}F \times {}_{n-1}F \times {}_nF} + \ldots\ldots$$

$$ + \frac{{}_3D}{{}_4F \times {}_3F \times \ldots \times {}_nF} + \frac{{}_2D}{{}_3F \times {}_4F \times \ldots \times {}_nF} + \frac{{}_1D}{{}_2F \times {}_3F \times \ldots \times {}_nF} .$$

Les dépenses spécifiques et les utilisations spécifiques étant, par définition, des quantités inverses les unes des autres, on a :

$$ {}_1U = \frac{1}{{}_1D} ; \; {}_2U = \frac{1}{{}_2D} \ldots {}_nU = \frac{1}{{}_nD} ; \; {}_TU = \frac{1}{{}_TD} ; \; {}_1U = \frac{{}_1W_u}{{}_1P} ;$$

$$ {}_2U = \frac{{}_2W_u}{{}_2P} \ldots {}_nU = \frac{{}_nW_u}{{}_nP} ; \; {}_TU = \frac{{}_nW_u}{{}_1P + {}_2P + {}_3P + \ldots \times {}_nP} .$$

$$ {}_TU = \frac{{}_1F \times {}_2F \times {}_3F \times \ldots\ldots \times {}_nF}{\frac{F}{{}_1U} + \frac{F \times F}{{}_1U^2} + \frac{F \times F \times F}{{}_3U} + \ldots + \frac{F \times F \times \ldots \times F}{{}_{n-3}U} ; \; \frac{F \times F \times \ldots \times F}{{}_{n-2}U} + \frac{F \times F \times \ldots \times F}{{}_{n-1}U} + \frac{F \times F}{{}_nU}} $$

puissance ont un rendement qui atteint 97 0/0 avec une dépense de 80 kilogrammes par cheval utile.

Il résulte des calculs indiqués plus bas que la machine Siemens D³ a un rendement de 81 0/0 et une dépense spécifique d'environ 43 kilogrammes par cheval ; la machine Gramme, type d'Atelier, a un rendement de 65 0/0 et une dépense spécifique de 102 kiogrammes par cheval ; le type dit Supérieur a un rendement de 88 0/0 et une dépense spécifique de 48 kilogrammes, enfin, un type tout à fait spécial, construit par M. Gramme pour les expériences d'aérostation de Meudon, aurait un rendement de 57 0/0 marchant à une vitesse maximum de 45 mètres par seconde ; d'après les renseignements que je dois à M. Fontaine, ces conditions correspondraient à une dépense spécifique de seulement 17 kilogrammes par cheval.

J'ai porté au Tableau suivant quelques chiffres intéressants concernant l'Homme, le Cheval, etc., le rendement des Transformateurs vivants est excellent, il est tellement bon que, dans les expériences faites à la Compagnie des Petites voitures, par MM. Grandeau et Leclerc, il n'a pas été rare de trouver un rendement supérieur à l'unité, étant bien entendu qu'on s'efforçait de maintenir soigneusement l'équilibre de santé de ces animaux ; le rendement de l'animal peut être considéré comme égal à l'unité soit 100 0/0.

La dépense spécifique des matériaux est moins remarquable ; pour l'Homme et pour le Cheval il y a lieu, je pense, de tenir compte du temps nécessairement employé aux repas et au sommeil, et le cheval vapeur continu nécessiterait un poids d'homme de 1,740 kilogrammes et de 1,200 kilogrammes de cheval.

Dans la dépense des matériaux de la Baleine, 15,000 kilogrammes, je n'ai pas pu tenir compte de ces conditions, les données circonstanciées faisant défaut à l'égard de ce cétacé non encore domestiqué.

TRANSFORMATEURS D'ÉNERGIE	RENDEMENT centièmes recueillis pour 1 d'énergie dépensée	DÉPENSE SPÉCIFIQUE DES MATÉRIAUX Kilogrammes par cheval vapeur	OBSERVATIONS
Engrenages à lanternes.	30	»	
Engrenages épicycloidaux	98	»	
Vis sans fin.	50	»	
Courroie	95	»	
Machine de Newcommen.	2	»	
Machine de Watt	7	»	
Corliss ou Compound.	10	»	
Locomotive.	6 à 8	53 à 80	
Machine Giffard, pour ballon . . .	»	15	
Machine Brotherhood, pour torpilles Whitehead	»	1.265	
Transformateur secondaire.	96	9	
Turbine Fourneyron de Saint-Blaise.	75	0.292	
Première pile Clamond, à Lumière. .	0.52	6800	
Pile Clamond, modèle Carpentier. .	0.48	1058	
Pile secondaire usuelle.	80	60 à 50	
Dispositif de M. de Lavison.	»	22 à 20	
Homme.	100	1740	Homme de 70 k., 8 h. de travail à 9 kilogrammetres par seconde.
Cheval.	100	1200	Cheval de 400 k., 40 h. de travail à 60 kilogrammètres par seconde.
Baleine.	100	15000	
Pigeon.	100	125	
Bourdon des fleurs.	100	6	
Dynamo Gramme-Deprez Génératrice de Creil.	81	506	
Dynamo Bruh, de 230 chevaux. . .	»	31	
Dynamo Gramme-Deprez Réceptrice de Creil	87	439	
Dynamo Edison.	90 à 97	80	
Dynamo Siemens D^2	81	43	
Dynamo Gramme type Atelier . . .	65	102	
Dynamo Gramme type dit Supérieur .	88 à 80	48 à 40	
Dynamo Gramme pour ballon. . . .	57	17	
Dynamo Reckenzaun.	»	21	
Dynamo Gramme-Trouvé.	»	12	
Canon de siège de 155 millimètres. .	14	»	
Canon de campagne de 90 millimètres	14	67	
Canon de campagne de 80 millimètres	15	31	
Fusil Gras	14	8	

La pile thermo-électrique Clamond à lumière, construite en 1878, dont les mesures prises par moi ont été communiquées à l'Académie, n'exigeait pas moins de 6,800 kilogrammes par cheval pour 1/2 0/0 de rendement. Dans le modèle construit par M. Carpentier en 1885, la dépense spécifique est réduite à 1,058 kilogrammes, et le rendement est à peu près le même. (1).

Les calculs relatifs aux armes à feu sont intéressants. Le canon de siège de 155, les canons de campagne de 90 et de 80, le fusil Gras, ont à peu près le même rendement de 14 0/0 (2).

Les utilisations spécifiques sont remarquables. Le canon de 90

---

(1) Les coordonnées électriques de la pile de 1878 étaient d'après mes mesures : E = 218 volts, R = 31 ohms (en service courant) l Energie disponible extérieurement $\frac{E^2}{4\,R}$ = 383 watts soit 383 × 0,102 = 39 kilogrammètres par seconde ou 383 × 0,87 = 333 calories kilogrammes-degré par heure avec une dépense de 9 kilogrammes de coke représentant 9 × 7000 = 63000 calories. Le rendement était donc de $\frac{333}{63000}$ = 0,52 0/0.

L'appareil pesait : collecteur 2000ᵏ, diffuseur 1000ᵏ, alliage 6000 couples du poids de 0 ᵏ,6 soit 36ᵏ, 6000 lames de fer 40ᵏ. Ce poids total de 3400ᵏ correspondant à un demi-cheval disponible extérieurement fait ressortir la dépense spécifique des matériaux à 6800ᵏ par cheval disponible.

Dans le modèle Carpentier 1885 E = 8 volts, R = 3,2 ohms, $\frac{E^2}{4\,R}$ = 5 watts = 0,51 de puissance kilogrammètre-seconde; soit une puissance grosse calorie-heure = 5 × 0,87 = 4,35 avec une dépense de 180 litres de gaz d'éclairage à l'heure, soit à 5000 calories par mètre cube : 5.000 × 0.180 = 900 calories, ce qui fait ressortir le rendement à $\frac{4.35}{900}$ = 0,48 0/0. Le poids de l'appareil est de 7ᵏ,2, la dépense spécifique des matériaux est de 7,2 × $\frac{75}{0,51}$ = 1058 kilogrammes par cheval vapeur extériorisé en Energie électrique.

Il y a lieu d'ajouter que des perfectionnements avaient été réalisés dans le pouvoir thermo-électrique de l'alliage, c'est ce qui explique que le rendement n'ait presque pas baissé malgré l'absence de tout dispositif pour colliger la chaleur, tandis que dans la pile à lumière, les retours de flamme et les masses de fonte recueillaient beaucoup mieux la chaleur des produits de la combustion, et les pertes par rayonnement étaient plus faibles en raison de la plus grande dimension. Il est évident que si, avec l'alliage de ces petits types de laboratoire modèle Carpentier, on créait des types plus puissants munis de dispositifs pour recueillir et récupérer la chaleur on atteindrait certainement un rendement de 1 0/0.

(2) Pour calculer le rendement il faut considérer les calories disponibles dans les produits gazeux pouvant agir sur le culot du projectile, c'est-à-dire les $\frac{43}{100}$ des 705 calories ou 299625 kilogrammètres dégagés par kilogramme de poudre, soit 129000 kilogrammètres en tenant compte des pertes inévitables. Les Artilleurs admettent 90000 kilogrammètres pour limite pratique du travail d'un kilo de poudre, le rendement d'un canon est alors le rapport de la demi-force vive du projectile en kilogrammètres à 900 0 fois le poids de la charge en kilogrammes, soit dans le cas considéré $\frac{5.6 \times 490^2}{9.81 \times 2 \times 1,5 \times 90\,000}$ = 0,51 pour le canon de campagne, de 80; si l'on voulait tenir compte de la totalité de l'Energie des produits gazeux, le rendement devrait être réduit dans la proportion de $\frac{90000}{129000}$ et deviendrait 0,35; enfin par

de campagne a une dépense spécifique de matériaux de 67 kilogrammes par cheval, le canon de 80 a 31 kilogrammes, le fusil Gras a 8 kilogrammes. Pour certains Transformateurs, l'amortissement prend une importance particulière, c'est le cas des armes de guerre, et cette face de la question devient frappante si l'on considère la vie active de l'arme à feu. Si on tient compte du temps de l'explosion et du passage du projectile dans l'arme, 1/250e de seconde; pour un canon qui tire, dans sa vie, 3,000 coups on arrive à une durée animée de seulement 12 secondes et cette durée constitue nn progrès considérable, réalisé par l'emploi des poudres relativement lentes : à l'époque de la Guerre d'Espagne, les canons ne tiraient guère que 50 coups, ce qui correspond à une vie efficace de seulement 2 10 de seconde.

(3) Pour la pile secondaire au plomb, la dépense spécifique est 60 à 50 kilogrammes par cheval, mais par l'emploi de récipients spéciaux et de lames minces de zinc remplaçant après chargement les plaques qui doivent s'oxyder pendant la décharge. M. de Lavison est arrivé à réduire la dépense spécifique à 22 et 20 kilogrammes.

(4) Le Pigeon a une dépense spécifique de 125 kilogrammes environ. Mais la palme semble appartenir au Bourdon des fleurs, il suffirait d'un poids de 6 kilogrammes de Bourdon des fleurs pour représenter un cheval-vapeur.

Nous verrons comment nous espérons arriver à créer des dynamos pouvant rivaliser avec les plus remarquables puissances spécifiques.

---

rapport à la totalité des calories produites par la déflagration de la poudre (produits gazeux et non gazeux), la valeur réduite dans la proportion $\frac{90000}{299625}$ c'est-à-dire 0,15 est celle que j'ai admise et portée au Tableau. P étant le poids du canon, p le poids du projectile, v la vitesse, n le nombre de coups par minute, en tir rapide, j'ai calculé la dépense spécifique des matériaux par la formule $\frac{75\ P}{\frac{1}{2}\ \frac{p}{g}\ V^2\ \frac{n}{60}}$.

(3) Cet appareil, improprement appelé accumulateur est comparable à une chaudière à vapeur qui pourrait emporter avec elle un poids de combustible seulement proportionnel à son propre poids, de sorte que sa puissance soit proportionnelle à son poids et à l'inverse de la durée du débit de cette puissance.

(4) D'après M. Goupil, pour les animaux à vie active on peut admettre qu'en moyenne l'Energie disponible est à peu près proportionnelle aux racines 1,50 des poids.

Expressions générales des services des dynamos en fonction de leur force magnétique.

Les expressions que nous avons données pour les valeurs de la déterminante et de la puissance transformée, nous ayaut montré toute l'importance de la grandeur H de l'intensité du champ magnétique des dynamos, nous avons été conduit à représenter les services des dynamos en fonction de H (1).

Ces formules de la note (1) sont exprimées en unités CGS et si

---

(1) Soit, dans le système des unités absolues CGS, e la force électromotrice développée à la vitesse linéaire V par le champ magnétique d'intensité H.

Soit u la résistance électrique du cube unité de matière conductrice utile de l'induit. Si nous supposons ce cube fermé sur lui-même par une résistance nulle, son courant sera $\frac{e}{u}$, l'effort exercé par ce courant du cube unité sur le champ magnétique sera $f = H\frac{e}{u}$ dynes, e devra être tel que pendant l'unité de temps son travail électrique $\frac{e^2}{u}$ égale le travail mécanique fV ou $VH\frac{e}{u}$, donc $e = VH$; cette valeur de e remplacée dans les expressions ci-dessus donne comme courant $\frac{VH}{u}$ dans l'unité de section et $\frac{V^2H^2}{u}$ ergs comme travail du centimètre cube utile de la matière conductrice induite s'il était possible de fermer sur lui-même le circuit par une résistance nulle. Mais, en réalité, la matière totale de l induit comporte par rapport à la matière soumise à l'induction une certaine proportion n de matière conductrice morte, c'est-à-dire non soumise à l'induction et servant de liaison aux éléments utilement soumis à l'induction; il en résulte que le courant en court circuit est $\frac{VH}{u + nu}$ ou $\frac{VH}{u(n+1)}$, et le travail en court circuit $\frac{V^2H^2}{u(n+1)}$ ergs. Ce travail total par centimètre cube de matière utile induite correspond au cas où la résistance extérieure est nulle ainsi que le travail extérieur et le rendement.

Remarquons que si V, comme cela doit être, a pris la valeur maximum compatible avec les bonnes conditions de fonctionnement pratique, la densité de courant $\frac{VH}{u(n+1)}$ augmente proportionnellement à H et si la dynamo est bonne, c'est-à-dire si son champ magnétique est puissant, cette densité de courant en court circuit dépasserait la limite du courant que peut supporter l'unité de section du métal induit. Il n'y a pas lieu bien entendu de faire aucun sacrifice sur la force électromotrice VH mais simplement d'ajouter dans le circuit une résistance extérieure destinée d'ailleurs à être le siège du travail extérieur qui est la raison d'être de la dynamo. Si la résistance extérieure est x fois la résistance intérieure de la dynamo, la densité de courant est ramenée à $\frac{VH}{u(n+1)(x+1)}$ et le travail total par seconde par centimètre cube utile induit devient $\frac{V^2H^2}{u(n+1)(x+1)}$ ergs-seconde.

C'est la puissance du centimètre cube utile en ergs-seconde. Toutes les quantités sont des nombres abstraits sauf les quantités concrètes suivantes exprimées en unités CGS. V est la vitesse en centimètres par seconde ; u est la résistance électrique du centimètre cube de matière conductrice induite en unités de résistance CGS, laquelle unité de résistance est contenue 10^9 fois dans un ohm ; H est l'intensité CGS du champ magnétique.

l'on veut compter V en mètres, u en ohms, i en ampères par centimètre carré de section, il faut remplacer V par 10^2 V, u par

---

Une dynamo sera d'autant meilleure que l'on sera obligé de faire x plus grand pour que la densité de courant ne dépasse pas la valeur que peut supporter le cuivre de l'induit et l'isolation de la machine.

On sait qu'une force électromotrice étant donnée, le travail extériorisé est le plus grand possible quand la résistance extérieure au substratum, au siège de la force électromotrice, est égale à la résistance intérieure du substratum ; cette condition répondrait à la valeur $x = 1$.

Il suffit donc, en faisant $x = 1$, de résoudre par rapport à H l'équation précédemment établie :

$$i = \frac{VH}{u\,(n+1)\,(x+1)}$$

Supposons une vitesse de 20 mètres, et la limite de 4 ampères par millimètre carré.

On aura : $V = 20$, $i = 40$, $u = 1700$.

Prenons $n = \frac{0{,}6}{0{,}4} = 1{,}5$, comme dans la machine Gramme de Creil, par exemple, il vient $H = 170$.

Si maintenant nous résolvons par rapport à x en faisant $H = 5000$, il vient : $x = 57{,}82$.

Ainsi, avec un champ de 5000, la machine établie et fonctionnant dans les mêmes conditions générales que celle dont le champ serait de 170, la résistance extrême minimum à mettre en Ligne pour ne pas brûler la machine est de 57 fois la résistance intérieure d'anneau au lieu de une fois cette résistance, et le rendement passe de 1/2 à $\frac{57{,}82}{58{,}82}$, c'est-à-dire de 50 0/0 à 98 0/0.

Plus une machine est mauvaise, plus il peut y avoir intérêt à travailler en dessous de la densité maximum, dans le but d'améliorer le rendement : x étant toujours le multiple extérieur d'utilisation maximum, on donnera à ce multiple une valeur $X = Nx$; le rendement individuel de la dynamo sera bonifié dans la proportion

$$\frac{Nx\,(x+1)}{x\,(Nx+1)} = \frac{Nx^2 + Nx}{Nx^2 + x} = \frac{Nx + N}{Nx + 1} = \frac{x+1}{x + \frac{1}{N}}$$

Si $x = 1$, la proportion d'amélioration de rendement $= \frac{2}{1 + \frac{1}{N}}$, et se rapproche par conséquent de 2 à mesure que N croît. Si $x = 57{,}82$ la proportion d'amélioration est $\frac{58{,}82}{57{,}82 + \frac{1}{N}}$, et a donc pour limite supérieure $\frac{58{,}82}{57{,}82} = 1{,}017$, c'est-à-dire à la limite une amélioration de 1 0/0 ; quant à la densité du courant, elle décroît dans le rapport général $\frac{Nx+1}{x+1}$, c'est-à-dire si, par exemple, $N = 2$ dans le rapport $\frac{3}{2}$, soit 1,5 à 1 pour la machine de 170 unités dans laquelle $x = 1$ et dans le rapport $\frac{116.64}{58.82}$ soit 2 à 1 pour la machine de 5000 unités dans laquelle $x = 57{,}82$.

On verrait de même et on peut conclure du Tableau que l'utilisation spécifique des matériaux aurait décru dans la proportion $\frac{(Nx+1)^2 \times x}{(x+1)^2 \times Nx}$, soit $\frac{9}{8}$ par la machine de 170 unités de champ et $\frac{2}{1}$ par la machine de 5000 unités.

En résumé, on doit toujours faire travailler une bonne machine dynamo-électrique au maximum de densité qu'elle peut supporter en bon service pratique, puisque agir autrement ce serait sacrifier la puissance, l'utilisation spécifique des matériaux, dans

$10^9 u$, i par $10^{-1} i$. Si l'on veut que les puissances soient exprimées en kilogrammètres-seconde, il faut multiplier les ergs-seconde par $\frac{1}{10^7 g}$ ce qui conduit au Tableau suivant :

---

une proportion très forte eu égard à l'amélioration insignifiante qui pourrait en résulter pour le rendement individuel de la dynamo.

La puissance, travail par seconde par centimètre cube de matière induite totale serait évidemment divisée par $(n+1)$ et serait $\frac{V^2 H^2}{u\,(n+1)^2\,(x+1)}$ ergs (2). C'est la puissance du centimètre cube d'induit total en ergs-seconde.

Le travail extérieur par seconde par centimètre cube utile et celui extérieur par centimètre cube de matière induite totale, seraient respectivement ceux indiqués par les formules (1) et (2) multipliées par $\frac{x}{x+1}$, c'est-à-dire puissance extérieure par centimètre cube utile $= \frac{x V^2 H^2}{u\,(n+1)\,(x+1)^2}$ ergs-seconde (3); puissance extérieure par centimètre cube de matière induite totale $= \frac{x^2 V^2 H^2}{u\,(n+1)^2\,(x+1)^2}$ ergs-seconde (4); rendement $= \frac{x}{x+1}$ (5).

Si la dynamo fonctionne à la densité du courant i (courant par centimètre carré) qui peut être la densité maximum que peut supporter l'unité de section, on a : $i = \frac{VH}{u\,(n+1)\,(x+1)}$; d'où l'on tire $x+1 = \frac{VH}{ui\,(n+1)}$, qui remplacé dans (1), (2), (3), (4), (5), donne :

Puissance totale par centimètre cube utile induit $= VHi$ ergs-seconde (1)'

Puissance totale par centimètre cube d'induit total $= \frac{VHi}{n+1}$ ergs-seconde (2)'

Puissance extérieure par centimètre cube utile $= (n+1)\,xui^2$ ergs-seconde (3)'

Puissance extérieure par centimètre cube d'induit total $= xui^2$ ergs-seconde (4)'

Rendement $= 1 - \frac{ui\,(n+1)}{VH}$ (5)'

	EN ERGS-SECONDE	EN KILOGRAMMÈTRES-SECONDE	EN CHEVAUX	OBSERVATIONS
Puissance totale par kilogramme utile induit; H en unités CGS, g en mètres, Vui, en mètres, ohms, ampères par centimètre carré.	$\frac{V^2H^2}{10^2\,\delta u\,(n+1)\,(x+1)}$ $\frac{10^4\,VHi}{\delta}$	$\frac{V^2H^2}{10^9\,g\,\delta u\,(n+1)\,(x+1)}$ $\frac{VHi}{10^5 g\,\delta}$	$\frac{V^2H^2}{10^9\,75\,g\,\delta u\,(n+1)\,(x+1)}$ $\frac{VHi}{10^3\,75\,g\,\delta}$	Il est facile de conclure du Tableau les valeurs des puissances exprimées en watts; il suffit de multiplier par g les puissances exprimées en kilogrammètres, ou de diviser par 10^7 les puissances exprimées en ergs puisqu'il y a g watts dans un kilogrammètre, et $\frac{1}{10^7}$ watts dans un erg. δ densité $= 8{,}9$ pour le cuivre, n est la proportion du fil mort par rapport au fil utile $\frac{\text{mort}}{\text{utile}}$; u en CGS $= 1700$, et en ohms $= 17 \times 10^{-7}$, i est le courant par centimètre carré de section (en ampères).
Puissance totale par kilogramme d'induit otal; H en unités CGS, g en mètres Vui, en mètres, ohms, ampères par centimètre carré.	$\frac{V^2H^2}{10^2\,\delta u\,(n+1)^2\,(x+1)}$ $\frac{10^4\,VHi}{\delta\,(n+1)}$	$\frac{V^2H^2}{10^9\,g\,\delta u\,(n+1)^2\,(x+1)}$ $\frac{VHi}{10^5\,g\,\delta\,(n+1)}$	$\frac{V^2H^2}{10^9\,75\,g\,\delta u\,(n+1)^2\,(x+1)}$ $\frac{VHi}{10^3\,75\,g\,\delta\,(n+1)}$	
Puissance extérieure par kilogramme utile induit; H en unités CGS, g en mètres, Vui en mètres, ohms, ampères par centimètre carré.	$\frac{x\,V^2H^2}{10^2\,\delta u\,(n+1)\,(x+1)^2}$ $\frac{10^{10}\,(n+1)\,xui^2}{\delta}$	$\frac{x\,V^2H^2}{10^9\,g\,\delta u\,(n+1)\,(x+1)^2}$ $\frac{10^3\,(n+1)\,xui^2}{g\,\delta}$	$\frac{x\,V^2H^2}{10^9\,75\,g\,\delta u\,(n+1)\,(x+1)^2}$ $\frac{10^3\,(n+1)\,xui^2}{75\,g\,\delta}$	
Puissance extérieure par kilogramme d'induit tota ; H en unité CGS, g en mètres, Vui en mètres, ohms, amperes par centimètre carré.	$\frac{x\,V^2H^2}{10^2\,\delta u\,(n+1)^2\,(x+1)^2}$ $\frac{10^{10}\,xui^2}{\delta}$	$\frac{x\,V^2H^2}{10^9\,g\,\delta u\,(n+1)^2\,(x+1)^2}$ $\frac{10^3\,xui^2}{g\,\delta}$	$\frac{x\,V^2H^2}{10^9\,75\,g\,\delta u\,(n+1)^2\,(x+1)^2}$ $\frac{10^3\,xui^2}{75\,g\,\delta}$	

Ce Tableau donne également la puissance brute d'un Récepteur, il suffit de prendre dans le Tableau les formules relatives à la puissance totale d'une Génératrice, puisque généralement la puissance mécanique totale ou brute d'un Récepteur comprend seulement le travail mécanique net ou utile de la machine, celui que le frein indiquerait, plus le travail mécanique passif ; c'est le travail électro-mécanique, quant à l'Energie dépensée sous forme de chaleur régénérée dans les conducteurs de la machine, elle se trouve alors fournie supplémentairement par la circulation du Canal ou conducteur général. Si cependant il s'agissait d'une machine réceptrice qui actionnerait elle-même sur son arbre une Génératrice du courant excitateur de son champ magnétique, la même formule serait à appliquer à cette dynamo auxiliaire, et ce travail à retrancher du travail électro-mécanique de la Réceptrice, cette différence n'aurait plus qu'à être multipliée par le rendement mécanique pur du Récepteur pour donner le travail mécanique net utilement disponible sur l'arbre de Récepteur.

Application importante de ce genre d'expression aux Réceptrices sur différence de potentiel constante.

Le maximum de puissance d'un Récepteur travaillant sur une différence de potentiel constante ε est $\frac{\varepsilon^2}{4\rho}$, ρ étant la résistance du moteur, mais il faut que la section de cette résistance puisse supporter le courant $\frac{\varepsilon}{2\rho}$ ou $\frac{e}{\rho}$ qui circulerait, alors que la force électro-motrice du moteur serait $e = \frac{\varepsilon}{2}$ et que l'on aurait $\frac{e}{I} = \rho$, le rendement individuel du Récepteur serait 0,50, il régénérerait autant d'Energie en chaleur sur sa résistance qu'en travail mécanique brut ou total.

Si le champ est d'intensité H, la longueur utile induite l, la proportion morte n, la section s, la densité de courant i, et la résistance du cube unité u, on a : $e = l\,V\,H$, $i_0 = \frac{V\,H}{u\,(n+1)}$. Si la dynamo a ses induits en cuivre, et qu'elle soit d'un type perfec-

nommé à champ puissant, et qu'on l'emploie à sa vitesse maximum pratique, cette valeur de la densité i_0 sera supérieure à ce que peut supporter l'unité de section, ce qui veut dire qu'il faut faire travailler la machine sur un ε assez faible pour que V puisse garder sa valeur maximum. ε devra être tel que $\frac{\varepsilon - l\,V\,H}{\frac{l}{s}\,u\,(n+1)} = Si$,

i étant la valeur maximum de la densité pour le cuivre; de cette relation on tire la valeur convenant à ε,

$$\varepsilon = l\,[V\,H + u\,(n+1)\,i]$$

Cette formule est très intéressante, car elle nous donne immédiatement la relation qui doit forcément exister entre le changement d'allure du Récepteur et le changement de densité de courant, lorsque l'intensité du champ a une valeur constante et déterminée, et que le Récepteur est alimenté sur une différence de potentiel constante. En effet, si nous remplaçons, dans la formule, V par $V - \Delta V$ et i par $i + \Delta i$, il vient $u(n+1)\,\Delta i - H\,\Delta V = o$ puisque la quantité entre [ ] est nécessairement constante, nous avons donc, $\Delta V = \Delta i\,\frac{u\,(n+1)}{H}$.

Si nous partons de la vitesse de régime alors que le couple mécanique brut est minimum, par exemple pour $i = 1$, c'est-à-dire $\frac{1}{10}$ d'ampère par millimètre carré, soit la quarantième partie de la densité maximum pratique, nous ferons donc $\Delta i = 39$ pour nous rendre compte de ce qui se passera lorsque la couple mécanique $F = lSiH$ ou $\frac{PiH}{\delta}$ aura la valeur maximum permise par le cuivre de l'induit, i valant 40 au lieu de valoir 1.

Supposons que la vitesse correspondante à $i = 1$, soit 20 mètres par seconde, c'est-à-dire $V = 2000$. Supposons que le fil mort soit les 0,6 du fil total induit, c'est-à-dire $n = 1{,}5$, u est une constante dont la valeur est 1700. Il vient donc

$$\Delta V = 39\,\frac{1700\,(1{,}5+1)}{H}.$$

Si $H = 5000$, $\Delta V = \frac{39 \times 1700 \times 2{,}5}{5000} = 33$, ce qui fait une diminu-

tion de vitesse de $\frac{33}{2000}$ ou 1,65 0/0. Ce qui pour un accroissement d'effort mécanique de 1 à 40, ferait tomber une vitesse de 1000 tours à 984 tours.

Si H = 15000 on aurait $\Delta V = 11$ soit un ralentissement de 0,0055, c'est-à-dire que l'effort mécanique croissant de 1 à 40 jusqu'à la limite de puissance imposée par la limite de densité de courant que peut supporter le cuivre, une allure de 1000 tours par minute ne serait ramenée qu'à 995 tours par minute. Nous n'avons parlé que du couple mécanique parce qu'il est proportionnel à la densité du courant; tandis que la puissance est proportionnelle à la densité et à la vitesse ; la puissance électro-mécanique variera donc dans une proportion à peine un peu plus faible. Soit le rapport de 40 (V — ΔV) à V, au lieu du rapport 40 à 1, soit 39,36 à 1 pour le champ de 5000 et 39,80 pour le champ de 15000 au lieu de 40 à 1.

Cette application est intéressante au point de vue technique, et même au point de vue théorique, car jusqu'à présent on avait cru et publié que la faculté qu'avaient certaines dynamos de régler à peu près leur allure sous différence de potentiel constante, tenait à leur faible résistance intérieure ; nos formules montrent qu'il n'en est rien et que ce réglage pourrait exister avec des machines de grande résistance intérieure, puisque ces formules montrent que la précision du réglage ne dépend que de la grandeur de la force magnétique H.

Calcul des valeurs de H, force magnétique des dynamos à courant continu et à courants alternatifs.

Mon travail d'analyse des dynamos existantes, nécessitait la connaissance de la valeur de leur force magnétique ou intensité moyenne de leur champ magnétique.

La note (1) donne les formules que j'ai établies et employées;

(1) J'ai exprimé l'intensité en fonction de l'effort électro-magnétique, de la longueur active du fil induit et du courant. J'ai employé la formule $H = \frac{10^4 fg}{l\,I}$ dans laquelle f est l'effort total en kilogrammes, g l'accélération de la pesanteur en mètres, l la longueur active induite en mètres, I le courant qui circule dans le fil induit utile en ampères ; l'intensité du champ magnétique H est alors exprimée en unités CGS.

cette note donne aussi des détails d'applications aux machines Gramme construites par M. Deprez pour les expériences de Creil

---

Lorsque l'effort est connu par le travail d'un tour, la formule devient : $H = \frac{10^4 kg}{\pi D}$

k étant le travail en kilogrammètres, π le rapport de la circonférence au diamètre e. D et l le diamètre moyen et la longueur du fil actif en mètres, I le courant. Les éléments du calcul existent pour la Génératrice de Creil, le journal *La Lumière électrique* du 14 novembre 1885 donne les dimensions principales de l'anneau tel qu'il a été construit en dernier lieu par la maison Bréguet,

Pour la Réceptrice utilisée, laquelle a été construite en même temps par la maison Mignon et Rouart, j'ai dû calculer par interpolation l et D. J'ai trouvé, pour le champ magnétique de la Génératrice 1912 unités et pour limite supérieure du champ de la Réceptrice 2832 (unités CGS). La première valeur est probablement un peu forcée et la seconde dans une proportion certainement beaucoup plus considérable.

Ce sont les valeurs relatives aux expériences dont il a été rendu compte à l'Académie le 26 octobre 1885.

Eléments du calcul des deux intensités de champ magnétique :

Génératrice :

$$k = \frac{E\,I}{g} \times \frac{60}{N} = 55{,}9 \times 75 \times \frac{60}{170} = 14{,}80\,;\ D = 0{,}727\,;\ l = 92{,}40\,;\ I = \frac{7{,}20}{2} = 3.6.$$

Réceptrice :

$$k = \frac{e\,I}{g} \times \frac{60}{N} = 43{,}4 \times 75 \times \frac{60}{277} = 7{,}05;\ D = 0{,}486;\ l = 44{,}43;\ I = \frac{7{,}20}{2} = 3.6.$$

Justification : en l'absence d'indication du diamètre moyen du fil induit actif de la Réceptrice avec l'anneau construit par Mignon et Rouart, j'ai calculé approximativement le diamètre x par la proportion x : 0,901 diamètre moyen du fil actif de l'ancien anneau de la Réceptrice :: 0,727 diamètre moyen du fil actif du nouvel anneau de la Génératrice : 1,348 diamètre moyen du fil actif de l'ancien anneau de la Génératrice, 1.348 est la moyenne de 1,386 et 1,310 chiffres donnés pour les diamètres extérieurs des anneaux de cuivre et de fer de la Géneratrice ancienne; ce diamètre moyen pourrait être calculé en retranchant 0,033 de 1,386 chiffres donnés pour l'épaisseur de la couche de fil au-dessus du noyau et pour le diamètre extérieur de l'anneau de cuivre, cette différence donne 1,353 chiffre un peu supérieur à 1,348, de même pour la Réceptrice 0,901 est la moyenne de 0,930 et 0,872, et on aurait pu prendre 0,906 = 0,930 — 0,024.

Il a paru préférable de choisir le calcul qui donne 1,348 et 0,901 à cause de l'obligation de l'employer pour calculer le diamètre moyen du nouvel anneau de la Génératrice, le texte de *La Lumière Electrique* ne donnant pas l'épaisseur de la couche de fil. En tous cas, il y a lieu de noter que si les valeurs employées sont un peu plus faibles que la réalité, comme elles sont en dénominateur, elles nous feraient attribuer au résultat une valeur un peu trop forte, c'est-à-dire apprécier un peu trop favorablement l'intensité des champs magnétiques des Machines de Creil.

Pour calculer l, nous admettons que, sur la nouvelle Réceptrice, le fil utile ou actif ait la même fraction du fil induit total que sur la nouvelle Génératrice, fraction qui est $0{,}3125 = \frac{4620}{14784}$.

La longueur du fil induit total de l'ancien anneau récepteur est (d'après *La Lumière Electrique*, 22 nov. 1885), 5775 ce qui représenterait $5775 \times 0{,}3225 = 1804$ de longueur induite utile sur l'ancien anneau récepteur, et 3608 sur les deux anneaux du Récepteur. Nous admettons alors, la proportion suivante, l longueur utile de la nouvelle Réceptrice : 3608 longueur utile de l'ancienne Réceptrice :: 9240 longueur utile de la nouvelle Génératrice (double du chiffre donné par *La Lumière Electrique* : 7506 longueur utile de l'ancienne Génératrice, conclue du chiffre de *La Lumière Electrique* par la relation $7506 = 12012 \times 0{,}3125 \times 2$. Le calcul donne, $l = 4443$.

Le Rapport de la Commission de l'Académie des Sciences sur les expériences de la Gare du Nord au Bourget indique 1033 unités pour la première machine à deux anneaux Gramme construite par M. Deprez.

Mais en reprenant le calcul publié aux Comptes Rendus du 9 avril 1883, je me suis aperçu que le résultat est trop faible, parce que le Rapport a supposé que le fil utile était de même longueur que le fil mort, soit 0,50 du fil induit total. Si on multiplie donc ce résultat par le rapport de 0,50 à 0,3125 admis pour les machines de Creil,

et pour celles de la gare du Nord, à une dynamo Edison et à deux machines à courants alternatifs.

---

c'est-à-dire par $1.6 = \frac{0.5}{0.3125}$, il vient $1019 \times 1.60 = 1630$ unités CGS. J'ai multiplié 1019 au lieu de 1033 à cause d'une autre petite correction du calcul des Comptes Rendus. En cherchant à effectuer le calcul indiqué, page 1009 des Comptes Rendus, on s'aperçoit qu'il manque à la formule le facteur 60, cette formule est $\varphi = \frac{E_1}{D} \times \frac{\Delta d^2}{P} \times 10^8$ dans laquelle φ est l'intensité que nous désignons par H, on a posé $E_1 = \frac{E}{N} = \frac{2480}{1029} = 2.42$. D est le diamètre moyen utile = 28.5 centimètres, P est le poids en grammes, Δ la densité du cuivre = 8,9 et le diamètre, 0.1 centimètre (fil de 1 m/m). L'erreur que nous avons signalée tient à ce que N devrait évidemment exprimer le nombre de tours par seconde, tandisque le Rapport lui fait exprimer le nombre de tours par minute 1029.

La formule des Comptes Rendus est évidemment la formule $H = \frac{E}{Vl}$. Si N exprime le nombre de tours par seconde on a : $V = \pi D N$, d'où $H = \frac{E}{N} \times \frac{1}{D} \times \frac{1}{\pi l}$ (α), on a aussi $P = \frac{\pi d^2}{4} l \Delta$: d'où $\frac{1}{\pi l} = \frac{d^2 \Delta}{4 P}$, d'où $H = \frac{E}{N} \times \frac{1}{D} \times \frac{d^2 \Delta}{4 P}$ (β) formule dans laquelle N est le nombre de tours par seconde et toutes les quantités sont exprimées en unités CGS ; dans les formules (α) et (β) l et P sont la longueur et le poids du fil utile. Si on veut faire exprimer à l et P la longueur et le poids du fil total de l'induit, il faut multiplier par le coëfficient exprimant le rapport du fil utile au fil total, rapport que dans le cours de notre travail nous désignons habituellement par $\frac{1}{n+1}$, n étant la longueur ou le poids du fil mort pareil au fil utile correspondant à 1 de fil utile.

Les 2 formules deviennent alors en fonction de la longueur totale du fil induit.

$$H = \frac{E}{N} \times \frac{1}{D} \times \frac{1}{\pi l} \times \frac{1}{2(n+1)} \qquad (\alpha').$$

et

$$H = \frac{E}{N} \times \frac{1}{D} \times \frac{d^2 \Delta}{4 P} \times \frac{1}{2(n+1)} \qquad (\beta').$$

parce que les deux moitiés des anneaux travaillant en batterie, le fil utile à considérer au point de vue de la force électromotrice engendrée est seulement la moitié du fil utile total, de même que dans les formules exprimant H en fonction du courant, ce courant est celui qui passe par chaque moitié de l'anneau, il faudrait donc remplacer I par $\frac{I}{2}$ si on voulait faire représenter à I le courant total de la dynamo.

Le Rapport admettant que le fil utile total est la moitié du fil induit total (utile et mort) admet que : $\frac{1}{n+1} = 1/2$, ou $\frac{1}{2(n+1)} = \frac{1}{4}$ et la formule devient bien : $\varphi = \frac{E_1}{D} \times \frac{\Delta d^2}{P} \times 10^8$, étant donné qu'il exprime $E_1 = \frac{E}{N}$ en volts, les autres quantités restant en unités CGS.

Voici les éléments du calcul relatif à une machine Edison de 110 volts et 320 ampères, type de 400 lampes construites à l'usine d'Ivry.

D Diamètre moyen du fil 0m374 ; longueur d'une génératrice 0,400 ; nombre des génératrices utiles 56, densité du courant 3,3 ampères par millimètre carré ; résistance des électros 15 ohms, R Résistance de l'armature 0,0114, I courant extérieur 320 ampères, ε différence de potentiel aux bornes 110 volts. Le 1er décembre 85, la dynamo n° 744 armature 753 a donné, en circuit induit ouvert, une différence de potentiel de 110 volts, à la vitesse de 609 tours par minute (chiffres relevés par M. Picou).

La force électromotrice de la machine est $E = \varepsilon + RI = 110 + (320 + 7{,}33)\,0{,}0114 = 147{,}31$. En appelant L la longueur induite, V la vitesse on peut alors appliquer la formule $H = \frac{E}{LV} \times 10^4$ dans laquelle $V = \frac{\pi D N}{60}$ 11m75 ; on trouve 4180 unités d'intensité CGS en prenant $L = 0{,}400 \times 56$; mais en tenant compte des génératrices im-

Pour les dynamos à courant continu, on peut se servir de la considération du fil utile, c'est-à-dire celui qui travaille utilement

---

productrices comme force électromotrice, on doit retrancher d'abord les 2 génératrices en court circuit, une à chaque balais pour la moitié des 112 touches du collecteur, plus les 4 génératrices contiguës 2 à 2 aux précédentes, ce qui réduit L à la valeur $50 \times 0{,}400$ et l'on trouve $H = 4680$.

Le rendement de cette machine est :

$$\frac{110 \times 320}{[110 + 0{,}0114\ (320 + 7{,}33)]\ 327{,}33} = 0{,}95$$

Cette machine n'est pas la meilleure des machines Edison, ni comme rendement, ni comme champ magnétique, d'autres types atteignent 97 0/0 de rendement et dépassent 5000 unités de force magnétique.

J'ai établi ainsi qu'il suit la formule $H = \frac{15\ E}{MNS_E}$ dans laquelle H, E, S_E sont le champ magnétique, la force électromotrice et la surface des spires intéressées à la production de cette force électromotrice, les 3 quantités exprimées en unités CGS; M est le nombre de paires de polarités inductrices, N est le nombre de révolutions par minute.

Soit t la durée qui s'écoule entre le moment où une spire de surface s est dans le plan des lignes de force d'un pôle et le moment où cette spire devient perpendiculaire aux lignes de force, ou la durée entre le flux nul et le flux SH, ou encore la durée d'un quart de période; par définition on a dans chaque spire comme force moyenne :

$$e = \frac{\text{flux}}{t} \text{ ou } e = \frac{Hs}{t} \text{ et } E = \Sigma e = \frac{H \Sigma s}{t} = \frac{H S_E}{t} \qquad (\alpha)$$

la durée d'un tour sera $\frac{60}{N}$ ou $M \times 4t$ ce qui donne $t = \frac{60}{4\,MN}$ valeur qui remplacée dans (α), donne $H = \frac{15\ E}{MNS_E}$ (β)

Si on veut l'intensité magnétique dans le fer de l'anneau, il suffit de remplacer S_E par $n\sigma$, n nombre de spires utiles, c'est-à-dire contribuant à la force électromotrice E et σ la section du fer. Le flux maximum dans le fer est alors $H\sigma = \frac{15\ E}{MNn}$ et dans une machine multipolaire la force électromotrice est égale au flux maximum de l'élément fer multiplié par $\frac{MNn}{15}$.

D'après la généralité du raisonnement, cette formule s'applique également aux machines à courant continu, et du reste, allant au fond des choses, la formule se confond avec la formule $H = \frac{E}{Vl}$, car si nous considérons l'élément infinitésimal de spire utile et le rectangle infinitésimal décrit pendant le temps dt, le second côté du rectangle est égal à vdt, donc $ds = dlvdt$ ou $s = lvt$ ou $\frac{e}{lv} = \frac{et}{s}$.

Application de la formule (β) à la machine à courants alternatifs Siémens W_{13}.

La machine est composée de 8 bobines induites, chaque bobine induite est composée de 16 tours exacts, d'une bande de cuivre de 20 m/m de large sur 1,33 m/m d'épaisseur ayant par conséquent une section de $2 \times 0{,}133 = 0.266$, soit 0,266 centimètres carrés. Entrefer 29 à 30 m/m.

La surface embrassée par la spire moyenne, mesurée au planimètre d'Amsler par M. Arnoux est de : $\frac{78 + 198}{2} = 138$ centimètres carrés.

La surface totale embrassée est donc de $138 \times 16 \times 8 = 17664$ centimètres carrés. A la vitesse de 1250 tours par minute et au courant d'excitation dans le circuit inducteur de 21 ampères, cette machine développe par seconde une énergie de 105,5

à engendrer la force électromotrice dans le champ supposé uniformisé. Je pense cependant qu'il est en principe, préférable de partir de la somme des variations de flux dans la somme des surfaces des spires.

Il règne en effet une certaine indécision *a priori* sur la proportion du fil utile au fil mort.

Du reste, pour les dynamos à courants alternatifs, la considération classique du flux de force s'applique plus simplement ; la note donne le détail de l'application à la machine à courants alternatifs Siémens W_{13}, et indique le calcul approximatif employé pour le champ de la machine à courants alternatifs Ferranti Thomson.

Je citerai quelques-unes des valeurs des forces magnétiques calculées : par moi, par M. Arnoux et par M. Picou.

Machine Gramme d'Atelier, type primitif 2100 unités C.G.S.
Machine Gramme, type dit Supérieur 1811 unités.
Machine Siémens D^2 1003, machine Siémens D^6 1116 unités.
Machines Edison 2400, 3,600, 3900, 4000, 4680, 5300 unités.
Machine Gramme de M. Deprez, génératrice 1912 unités.
Machine à courants alternatifs Siémens W_{13} 1792 unités.
Machine à courants alternatifs Ferranti-Thomson 2760 unités.

---

volts $\times$ 110 ampères. La densité du courant dans l'induit est donc $\frac{110}{0{,}266} = 414$ ampères par centimètre carré.

$$H = \frac{10^8 \times 105{,}5 \times 15}{17664 \times 1250 \times 4} = 1791{,}7$$

Dans la machine Ferranti, d'après M. Arnoux, l'épaisseur du cuivre induit étant de 13 $^m/^m$ au lieu de 20 $^m/^m$, le champ présumé doit toutes choses égales d'ailleurs avoir une intensité

$$\text{de } 1792 \times \frac{20}{13} = 2760 \text{ (CGS).}$$

Etat rudimentaire de la théorie des dynamos lorsque mes premiers travaux ont signalé toute l'importance que peuvent avoir les réactions subsidiaires et ont permis d'évaluer numériquement leur influence.

Les machines dynamo-électriques sont généralement nos deux organes extrêmes, il importe donc de les analyser à fond : la marche logique, quel que soit le procédé analytique choisi, est évidemment d'abord d'étudier les types existants, de saisir tous les effets réflexes des éléments qui interviennent, et finalement de passer, de l'analyse de ce qui est, à la synthèse de ce qui peut être. Il est nécessaire de dire quel était l'état des connaissances et quel a été notre part contributive.

Le premier pas a consisté à réaliser les diverses conditions du fonctionnement des machines existantes; c'est ce qu'ont fait les Constructeurs de machines avec leurs premiers types, et les Savants qui avaient la possibilité d'expérimenter à leur gré. MM. Hopkinson et Froelich ont, les premiers, fait connaître des séries de valeurs numériques réunies en tracés graphiques donnant des courbes de magnétisme, c'est-à-dire de puissances des champs magnétiques des machines aux différentes intensités et à diverses allures. Plus tard, M. Deprez reproduisit ce genre de courbes sous le nom de *caractéristique* des machines; ici les abscisses sont toujours les courants, et les ordonnées les forces électromotrices au lieu des puissances effectives du champ magnétique, ce qui revient au même, puisque ces quantités sont proportionnelles à même vitesse du même induit.

Nous allons examiner tout à l'heure si les moyens employés pour construire ces courbes, point par point, ont permis d'atteindre une exactitude suffisante. Il ressortira de cette étude que, même si l'exactitude avait pu être réalisée pour la représentation du fonctionnement comme Génératrice, elle n'aurait pas été applicable au fonctionnement comme Réceptrice.

Du reste, il ne faut pas s'exagérer l'importance d'une simple représentation graphique, comprenant seulement, comme pourrait le faire un Tableau ou une page de notes, des résultats relevés

dans des expériences successives, et en outre, ce qu'il ne faut jamais perdre de vue, c'est que les dynamos doivent en principe être toujours employées à leur régime normal, au régime *allure-courant* qui concilie le mieux les avantages de puissance de transformation, de rendement et de fonctionnement pratique et durable (1).

Soit une machine génératrice de courant; sa raison d'être, sa fonction est d'animer un circuit extérieur sur lequel il s'agit de recueillir du travail électrique. Il était donc naturel et désirable de pouvoir considérer cette machine comme un appareil doué d'une certaine force électro-motrice et grevé d'une certaine résistance électrique intérieure. Car dans cette donnée il devient possible d'appliquer les lois d'Ohm au circuit total et de prévoir le résultat produit.

C'est ce qu'on a voulu faire dès le principe. Pour se procurer la résistance, on l'a mesurée, au pont par exemple, la machine immobile. Pour avoir la force électromotrice, on l'a mesurée à l'électromètre ou au voltmètre, le circuit induit ouvert; il n'y avait aucune difficulté si le champ magnétique est indépendant du courant induit, et s'il en est dépendant, il semblait suffisant de supprimer momentanément cette dépendance en produisant le champ magnétique par un courant indépendant égal à celui du fonctionnement réel.

Mais les expérimentateurs qui ont voulu appliquer les formules de Ohm et de Joule en y faisant entrer ces valeurs de résistance intérieure et de force électromotrice, se sont aperçus que les for-

---

(1) L'expression *Théorie graphique* est sans cohésion : un Tableau, graphique ou non, du fait d'expérience pur et simple, ne peut rendre que ce qu'on lui a confié, et il y a illusion à penser, par exemple, que l'on peut trouver une explication du désamorcement qui se produit dans les machines, au delà d'une certaine résistance de circuit, dans ce fait géométrique, que, pour cette résistance, la ligne, dont la tangente d'inclinaison représente la résistance, ne rencontre plus la courbe qu'en un seul point, indiquant par là qu'il n'y a aucune valeur de courant ni de force électromotrice correspondant à une résistance plus grande; car la ligne devient tangente à la courbe, par la seule raison qu'il y a désamorcement pour cette résistance, et le fait graphique n'est que l'inscription servile du fait d'expérience, sans pouvoir être à aucun degré une explication quelconque. C'est cependant ce qu'a exposé M. Marcel Deprez : théorie graphique des machines dynamo-électriques (*Lumière électrique*, 5 janvier 1884). « L'examen de cette courbe conduit à *l'explication* de plusieurs phénomènes intéressants... La ligne O G tournera vers l'axe des *Y*, elle coupera ainsi la courbe de » plus en plus près de l'Origine et, pour une position OD, elle lui deviendra tangente; » à ce point, il n'y a plus de courant, c'est le phénomène nommé désamorcement, phénomène jusqu'ici mal expliqué; par la caractéristique, on voit comment il y a une » résistance déterminée pour laquelle l'excitation est nulle, et la machine cesse de fonctionner. »

mules n'étaient pas satisfaites; c'est ce qui m'est arrivé dans mes expériences sur mon dispositif, à deux galvanomètres, que j'ai pu appliquer avec les premiers galvanomètres industriels construits par M. Gaiffe.

Dès 1880 j'ai eu l'honneur de signaler ces désaccords.

Il fallait donc analyser avec plus de soin le fonctionnement des machines, arriver à déterminer les causes du désaccord entre la réalité et ces valeurs de première approximation, puis donner des méthodes exactes de calcul des forces électromotrices et des résistances intérieures effectives; car, quelle que puisse être la complexité des phénomènes intérieurs d'une machine électrique, il n'en est pas moins certain que, en définitive, à tout régime allure-courant, cette machine, au point de vue électrique, se relie à un circuit extérieur par ses deux qualités électriques, sa force électromotrice développée dans son circuit prévu et la résistance qu'éprouve le courant à circuler à travers l'ensemble résistant intérieur.

Non seulement il est désirable de déterminer cette force électromotrice et cette résistance intérieure effectives, parce qu'alors on peut effectuer les calculs numériques avec exactitude et commodité, en appliquant les formules usuelles de Ohm et de Joule, mais en outre en agissant ainsi, on n'a pas obéi à une convention qui pourrait être remplacée par une autre convention et concorder tout aussi bien avec la réalité. Sans doute, si la mesure directe, au sortir de la machine, montre que la machine laisse disponible, sous le courant I, la différence de potentiel ε, toutes les valeurs de E et de R, qui satisferont à la relation $E - RI = \varepsilon$, pourraient convenir, au point de vue de la seule loi de Ohm; mais il n'en est plus ainsi, lorsque nous connaissons la valeur T du travail absorbé électriquement, c'est-à-dire le travail de la force électromotrice de la machine, dans le circuit prévu : car alors E est absolument déterminé par la relation $EI = T$. Il n'y a donc qu'un seul couple de valeurs ponr E et R, qui satisfasse à la fois aux lois de Ohm et de Joule.

Ces valeurs sont donc les valeurs vèritables de E et de R, celles de la réalité absolue pour E et de la réalité effective pour R. J'ai donné des méthodes de détermination numériques de ces quantités E et R qui doivent entrer dans les formules reliant soit les

Génératrices soit les Réceptrices à des circuits extérieurs. Ces méthodes ont été publiées.

Une machine dynamo-électrique, qu'elle soit employée comme Générateur ou comme Récepteur d'électricité, est un appareil de transformation entre ces deux formes d'Energie, la forme électrique et la forme mécanique.

Du côté mécanique, des efforts mécaniques sont dépensés ou recueillis sous certaines vitesses d'application ; du côté électrique, certains efforts ou forces électriques contribuent, selon la loi de Ohm, à la grandeur et au sens des courants qui animent les résistances des circuits électriques conducteurs.

Si la machine est parfaite au double point de vue qui l'intéresse immédiatement, nous ne parlons pour le moment que du point de vue absolu : 1° tous les efforts mécaniques déplacent leur point d'application dans des sens propres à créer des courants électriques et de façon à éviter des courants caloriques directs ou transformations directes de forme mécanique en forme calorique, les vibrations et frottements étant réduits au minimum inévitable ; 2° tous les courants électriques ne doivent animer que des circuits, des résistances, prévus par la construction de la machine.

Les machines actuelles, à courants dits continus, paraissent s'approcher beaucoup de ce genre de perfection, en ce sens qu'aucun courant notable ne s'y forme hors des circuits prévus, du moins dans les types recommandables.

M. le docteur Froelich, dans les théories qu'il a publiées sur les machines Siémens, admet qu'un travail important est perdu en circulations parasites dans le tambour en fer du type Alteneck, ces courants, dits de Foucault, étant induits par le déplacement de la masse conductrice de ce noyau de fer dans le champ magnétique.

Je pense que pour les bonnes machines de ce type, le désaccord, nullement négligeable, constaté par lui entre ses formules et la réalité, doit, pour la plus grande part, être attribué à une autre cause ; je reviendrai sur ce point.

Dans les bons appareils Siémens et Gramme, le métal magnétique est discontinu dans les plans rayonnants et ne permet généralement pas de circulation parasite de cet ordre. On trouve aux Comptes Rendus le résumé d'expériences, d'après lesquelles

en faisant tourner l'anneau Gramme dans un champ magnétique fortement excité par une source indépendante, on ne constaterait, à circuit ouvert, pas d'accroissement important du travail mécanique dépensé à même vitesse lorsque les électros ne sont pas excités.

Avec une telle machine, à un seul circuit prévu, employée comme Générateur d'électricité, si nous connaissons l'Energie T, transmise mécaniquement et disponible sur son arbre, et si toutes les réactions secondaires, quelque complexes qu'elles soient, se passent dans le circuit prévu, les lois de Joule et de Ohm nous donnent les trois relations $T = I^2 R = \frac{E^2}{R} = EI$; qui en observant I à l'ampéremètre, nous fixent les valeurs de $R = \frac{T}{I^2}$, $E = \frac{T}{I}$.

E est la force électrique motrice dans sa totalité, R la résistance de tout le circuit intérieur et extérieur, comprenant indifféremment des résistances métalliques inertes ou des effets résistants créés par des forces électromotrices opposées à E, c'est-à-dire résistantes, lesquelles peuvent d'ailleurs être remplacées par des résistances inertes équivalentes sans modifier l'équilibre électrique de l'ensemble. J'ai employé l'expression force électrique motrice, au lieu du terme usuel force électromotrice parce que j'ai voulu insister sur le sens bien net qu'on attache, en mécanique, au qualificatif *moteur*, dans toute machine qui comprend des forces résistantes opposées à des forces motrices. J'ai voulu bien marquer que le travail électrique total comprend un nombre de watts qui est le produit du nombre d'ampères du courant réel par le nombre de volts de la force électromotrice réelle, laquelle est la somme arithmétique des forces électromotrices engendrées dans le générateur, dans le seul sens du courant réel moteur, et point du tout la somme algébrique des forces électromotrices, des deux sens, qui peuvent être comprises dans la machine génératrice.

C'est là une des plus indispensables vérités acquises de l'ordre technique.

Agir autrement, ce serait confondre une cause motrice avec un effet résistant (1).

---

(1) L'Electricité étant une science nouvelle, quelques personnes ont été portées à croire qu'elle devrait obéir à des principes nouveaux, et ont cherché à prouver qu'elle n'était pas une des formes de l'Energie.

Du reste, même dans les désaccords auxquels j'ai fait allusion, il était admis implicitement, mais positivement, que les réactions secondaires avaient leur siège dans le circuit prévu.

Cependant, cette opinion, qui est celle que j'ai émise en 1880, est encore loin d'être universellement adoptée.

L'expérience que j'ai citée prouverait bien que, en circuit induit ouvert, la rotation de l'anneau induit ne consommerait pas notablement moins d'Energie si les électros sont inertes que s'ils sont

---

Nous affirmons, au contraire, que la forme Électricité, comme toute autre forme, qui serait discernée ultérieurement, ne peut que rendre plus imposante la superbe unité qui domine le Monde physique; nous affirmons que plus on sera familiarisé avec les phénomènes électriques, mieux on les analysera, plus on sera convaincu que ces phénomènes obéissent exactement aux lois de la Mécanique générale. Je donnerai l'exemple suivant, qui a trait, précisément à la définition des forces électromotrices tirée des rôles qu'elles jouent par rapport au courant de leur cycle, comme forces motrices et comme forces résistantes.

Considérons un dispositif purement mécanique, comprenant un nombre quelconque de tambours sur lesquels s'enroule une courroie adhérente, flexible et inextensible. Un certain nombre de ces tambours sont moteurs; ils reçoivent, par l'intermédiaire de dynamomètres de transmission, l'Energie qui leur est fournie par des machines motrices, à vapeur si l'on veut. Les autres tambours sont des tambours résistants, ils restituent l'Energie à des freins serrés sur leurs arbres. Les dynamomètres et les freins permettent donc de connaître, à tout moment, les valeurs des travaux moteurs et résistants. Nous supposons qu'un équilibre dynamique existe : cela veut dire qu'à ce moment la courroie est animée d'une vitesse linéaire uniforme en chaque point de sa trajectoire, selon la ligne droite ou courbe de la trajectoire en ce point. Tous les Mécaniciens en concluront que, si l'on fait la somme arithmétique de toutes les forces motrices exercées sur la courroie, c'est-à-dire tirant la courroie dans le sens de sa marche linéaire, cette somme arithmétique est rigoureusement égale à la somme arithmétique de toutes les forces qui résistent, retiennent et tendraient à mouvoir la courroie dans le sens opposé au sens de la marche réelle. Par conséquent, la somme algébrique de toutes les forces du cycle mécanique est rigoureusement égale à zéro, et c'est à cause de ce fait que l'équilibre dynamique existe, que la vitesse de la courroie est constante.

Il est clair qu'il est indifférent que les tambours moteurs soient répartis dans un ordre quelconque par rapport aux tambours résistants, par exemple que ces tambours soient tous rassemblés dans un même espace, et l'on pourra, si l'on veut, donner à leur ensemble le nom de machine motrice du cycle, de machine génératrice du courant mécanique. La force motrice de cette machine génératrice sera toujours la même somme arithmétique précitée. Rien ne sera changé, non plus, si parmi ces tambours moteurs, constituant la Génératrice, nous intercalons un ou plusieurs des tambours résistants : la force motrice de la Génératrice continuera à être la même somme arithmétique. Ceci est bien la réalité pour tous les Mécaniciens, et si le doute pouvait exister, le calcul tenant compte des lectures aux dynamomètres et aux freins, offrirait sa confirmation numérique.

Dans un cycle électrique, le principe mécanique est identique : le courant devenu constant, c'est la courroie flexible, inextensible, adhérente à tous les méandres tambours électriques moteurs et résistants, courroie-courant de vitesse uniforme, parceque la somme arithmétique de ses forces motrices égale rigoureusement la somme arithmétique de ses forces résistantes.

Donc la somme algébrique des forces de ce cycle en équilibre dynamique est toujours rigoureusement nulle, et la force motrice électromotrice du cycle, et par suite la force électromotrice de l'appareil dans lequel se trouvent réunies toutes les forces motrices élémentaires du cycle, est toujours rigoureusement la somme arithmétique de toutes les forces qui tendent à mouvoir le courant dans le sens de la circulation réelle. C'est pour cela que, dans un Rapport sur les expériences de la Gare du Nord, les lectures : l'une à l'unique frein, l'autre à l'unique dynamomètre de transmission, ont prouvé que la manière de calculer les forces électromotrices, motrice de la Génératrice, résistante de la Réceptrice, devait être rectifiée nécessairement, puisque, avec les valeurs attribuées, la somme arithmétique de toutes les forces résistantes d'un cycle en équilibre dynamique se trouvait de beaucoup supérieure à son unique force motrice.

fortement magnétisés. Mais, à un point de vue tout à fait rigoureux, on peut prétendre qu'il y a une nuance de postulatum, à conclure de ce qu'un effet ne se produit pas dans certaines circonstances, à ce que cet effet ne pourra pas se produire quand les circonstances cesseront d'être identiques ; en l'espèce, on pourrait prétendre qu'il n'y a pas preuve absolue que, lorsque le circuit induit n'est plus ouvert, mais est fermé, il ne puisse pas se produire de courants parasites, même importants, hors du circuit prévu, par exemple, sous forme de circulation dans la masse conductrice du fer de l'induit, comme le pense M. Froelich.

On sait que le déficit des machines, que nous avons signalé et dont nous avons indiqué les moyens de mesure sous forme d'accroissement de la résistance intérieure effective, a été longtemps contesté (1), et que, en France, d'après les constatations de Tresca à la Gare du Nord, ce fait est maintenant entré dans le domaine classique. Le même résultat d'opinion tend à être obtenu en Angleterre, depuis la publication des vérifications expérimentales de MM. Ayrton et Perry ; mais l'accord général n'existe pas encore lorsqu'il s'agit de fixer la cause de ce travail nuisible et de localiser son siège.

Il serait désirable que l'explication du Docteur Froelich pût être

---

(1) Dans l'induit Gramme ou Siémens, non seulement le sens du courant change deux fois par tour pour tout élément de longueur, mais le potentiel de chaque point varie constamment.

Il serait indifférent, en fait, de tenir compte de ce travail supplémentaire, de ce déficit, par un nombre de volts, sous forme d'une contre-force électromotrice de self-induction, comme M. Joubert en a ultérieurement manifesté la préférence, ou par un nombre de ohms sous forme d'accroissement de la résistance statique du fil, comme je l'ai proposé tout d'abord; mais pour l'emploi commode des formules de Ohm et de Joule, la dernière façon d'établir ce bilan est préférable, d'autant plus que les erreurs sont alors impossibles ; c'est aussi l'opinion exprimée par MM. Ayrton et Perry dans une remarquable publication. D'ailleurs, pour aller au fond des choses, pourrions-nous affirmer que la résistance, soi-disant inerte, d'un fil métallique, ne comporte pas de véritables contre-forces électromotrices de réaction lors du passage d'un courant de molécule à molécule ? En tous cas, il nous paraît rationnel, même au seul point de vue philosophique, de considérer comme accroissement résistant, d'une conduction quelconque, tout effet qui se manifeste par un surcroît de calorique régénéré sur ladite conduction, dans un même temps par une même circulation de courant.

Dans les machines à collecteur, l'accroissement résistant est borné à l'anneau et il existe aussi bien pour les forces électromotrices extérieures que pour celles de l'anneau ; il est donc légitime et nécessaire de faire figurer cet accroissement résistant dans les formules, aussi bien pour un Récepteur que pour un Générateur. Ces considérations militent en faveur du principe d'induction unipolaire.

Les travaux récents de Hughes et de lord Raleigh sont venus prouver que les courants alternatifs, au point de vue du résultat effectif, comportent un accroissement de la résistance spécifique des conducteurs, et l'accroissement de la résistance spécifique du bismuth dans les champs magnétiques est un exemple frappant de la possibilité d'accroissement de la résistance spécifique au repos et avec circulation d'un courant constant.

seule exacte, puisqu'elle permettrait, toutes choses égales d'ailleurs, un accroissement du rendement des machines lorsqu'on aurait réussi à boucher cette fuite, à corriger cette imperfection, ce qui d'ailleurs devrait être radicalement obtenu en supprimant soit le mouvement du fer de l'armature, soit le noyau de fer lui-même. J'ai pensé qu'il y avait grand intérêt à élucider définitivement ce point.

Méthode d'analyse des causes du déficit et de mesure de leurs grandeurs respectives. Méthode de mesure des grandeurs respectives des trois composantes du champ magnétique effectif.

Afin, pour une dynamo quelconque, de bien discerner, d'une part, la ou les causes du déficit et la perte de puissance afférente à chacune des causes, puis afin de coter de même numériquement la part d'action, sur le champ magnétique, de chacune des composantes statiques ou dynamiques qui peuvent intervenir, j'ai constitué des méthodes dont la valeur est précisément de permettre d'isoler, de séparer et d'évaluer numériquement ces causes de déficit de puissance et de modification de l'intensité du champ magnétique (1) et (2).

---

(1) Soient : C Couple total pesé en marche (kilos et mètres).
C' Couple du frein.
Δ C' Couple des résistances passives.

$\frac{[C-(C'+\Delta C')]\,2\pi N}{60}$ est la quote-part, puissance déficit, kilogrammètres-seconde régénérée hors du circuit prévu et prise aux dépens de la puissance mécanique du Récepteur (kilogrammètres-seconde).

Soit : D le déficit total conclu des mesures électriques statiques et de C' et Δ C'.

$D=\frac{\varepsilon I-\rho I^2}{g}-\frac{2\pi N\,(C'+\Delta C')}{60}$ (kilogrammètres-seconde).

$D-\frac{C-(C'+\Delta C')\,2\pi N}{60}$ est la quote-part puissance déficit alimentée électriquement, directement par la source d'émission électrique.

$\frac{\varepsilon I-\rho I^2}{g}-\frac{2\pi N C}{60}$ égale donc cette quote-part alimentée électriquement, quel que soit d'ailleurs le mécanisme des réactions physiques présidant à cet emprunt.

Pour le Déficit le desideratum est d'établir méthodiquement une démarcation de fait entre la puissance perdue en circulation dans des circuits électriques non prévus, par exemple dans le fer de l'armature en courants parasites de Foucault, et la puissance confinée dans le circuit prévu. (1).

Afin de fixer la valeur numérique de chacune des trois composantes du champ magnétique, le désidératum méthodique consiste à évaluer les intensités moyennes effectives que prend successivement le champ lorsqu'on a fait naître successivement l'influence de chacune des causes à intervenir (2).

Il est bien entendu que la première méthode donnera des résultats d'autant plus précis que le frein employé sera plus précis lui-même. A ce sujet, je rappellerai que j'ai signalé à l'attention des Mécaniciens, l'intérêt de précision qui s'attacherait à l'utilisation des réactions dynamo-électriques pour les mesures mécaniques, au moins pour le tarage et l'étalonnage des instruments de mesures mécaniques. Un frein très précis pourrait être constitué et utilisé ici, par une sorte de Génératrice dont l'anneau serait calé sur le prolongement de l'arbre de la Réceptrice. Les électros de cette Génératrice-frein seraient mobiles, sur couteaux, d'après le procédé de Smith, de façon à pouvoir mesurer directement, en marche, l'effort mécanique de ce frein dont la charge serait modi-

---

(2) J'observe : 1° A l'allure de N tours par minute la force électro-motrice E_0 en circuit induit ouvert, les balais à l'équateur, les électro excités par le courant I ;

2° Le Couple mécanique C_0, l'anneau immobilisé, les balais au calage (position d'efforts max). le courant I circulant aussi dans l'induit ;

3° Au régime N I le Couple mécanique C par pesée directe en marche, les électros sur couteaux.

Je calcule $E = \frac{2\pi C N g}{60 I}$, et $E_1 = \frac{2\pi C_0 N g}{60 I}$

Les grandeurs relatives du champ effectif et de ses trois composantes, 2 statiques, 1 dynamique donnent l'équation :

$$E = E_0 - (E_0 - E_1) \pm (\pm E \mp E_1)$$

Les signes supérieurs se rapportant à la fonction génératrice et les signes inférieurs à la fonction réceptrice.

E_0 composante + statique de la circulation dans le fil inducteur.

$(E_0 - E_1)$ est la composante — statique de la circulation dans le fil induit.

$(E - E_1)$ est la composante + dynamique du champ électrique en mouvement (fonction génératrice).

$(E_1 - E)$ serait la composante-dynamique (fonction réceptrice).

Cette méthode analytique conduit à la synthèse permettant de fixer les meilleures proportions des dynamos à noyaux magnétiques dans l'induit.

fiable à volonté par modification de son courant inducteur et de son courant induit ou seulement de l'un d'eux.

Dans une machine dynamo-électrique, génératrice par exemple, il convient de considérer :

1° Au point de vue électrique, sa force électromotrice, son ensemble résistant intérieur et le courant de circulation :

2° Au point de vue mécanique, l'effort mécanique et sa vitesse.

L'effort mécanique est proportionnel au champ électrique et au champ magnétique, à première vue, il paraît devoir être toujours indépendant de la vitesse. Un examen plus attentif m'a montré que l'effort peut dépendre de la vitesse, parce que la vitesse peut intervenir dans la détermination de la grandeur du champ magnétique.

La force électromotrice, dépendant du champ magnétique et de la vitesse, peut alors dépendre doublement de la vitesse.

Les deux points de vue, électrique et mécanique, nous conduisent donc à étudier les éléments constitutifs du champ magnétique.

Primairement le champ magnétique des dynamos est créé par le courant excitateur des électros. M. Deprez, pensant que tel était le seul élément actif, a proposé de déterminer la force électromotrice des dynamos en excitant les électros par source séparée, et mesurant la différence de potentiel en circuit induit ouvert. Ce procédé, ainsi que je l'ai signalé, manquait d'exactitude, même statiquement, car, dans la réalité, le courant sillonne aussi l'induit, et modifie l'état magnétique de cette armature de l'inducteur, agissant par suite sur la valeur du champ magnétique.

Il résulte de cette circulation dans l'induit, que, si les balais conservaient alors leur position équatoriale, convenable en circuit induit ouvert, ils ne seraient généralement plus calés ni pour occuper les points de démarcation du magnétisme résultant utile boréal et austral, ni pour produire le maximum d'effort électromagnétique à exercer statiquement, l'anneau immobilisé (1).

(1) La première et la meilleure explication de cette nécessité d'incliner la ligne des balais est due à feu Antoine Bréguet ; en 1879, il montre que l'angle de déplacement des balais est presque indépendant de la grandeur et du sens de la vitesse de l'anneau, et qu'il dépend du rapport des forces du champ électrique et du champ magnétique. Plus tard, M. Deprez a proposé de composer, selon le parallélogramme des forces, les deux polarités de l'armature, savoir : la polarité due à l'inducteur, et la polarité due au champ électrique. Cette explication présente d'abord une apparence satisfaisante de simplicité ; elle concorde avec celle de Bréguet, quant au sens du déplacement, mais elle se trouve évidemment en défaut quant à la grandeur de la résultante : car,

En résumé, le champ magnétique statique est constitué par l'ensemble des actions des deux circulations, celle des électros et celle de l'armature ; cette dernière non seulement déplace le point d'application utile des contacts, mais elle oblique les lignes de force et affaiblit le champ magnétique. Cet affaiblissement peut s'exprimer numériquement, comme l'autre action primaire statique, et aussi l'action dynamique. (Note (2) page 83.)

Jusqu'à présent nous n'avons considéré que le champ magnétique et le couple statique, c'est-à-dire la machine à l'état de repos mécanique. Pour nous rendre compte des valeurs dynamiques, c'est à-dire la machine en marche, soit comme Génératrice, soit comme Réceptrice, partons de l'équilibre statique ; supposons la machine empêchée de tourner, le courant circulant dans l'inducteur et l'induit, les balais bien placés. Un effort statique existe, nous pouvons soit laisser l'anneau obéir à cet effort, et la machine fonctionnera comme Réceptrice dans le sens mécanique dc cet effort, soit entraîner l'anneau dans le sens mécanique opposé à l'effort et la machine fonctionnera comme Génératrice.

Mais alors, dans chacune de ces deux données dynamiques opposées, une action d'un ordre nouveau intervient, tendant à modifier la grandeur qu'avaient le champ magnétique et l'effort mécanique statiques. Cette action est due au déplacement de la matière conductrice de l'enroulement induit, sillonnée par le courant qui constitue le champ électrique. Le champ électrique présente donc, pendant la marche, la condition particulière que la même quantité de courant circule toujours dans le même espace, mais que chaque élément de cette quantité se déplace constamment d'un balai à l'autre, du côté austral comme du côté boréal.

A plusieurs reprises, nous avons signalé la réaction qui résulte de ces conditions dynamiques, d'abord comme déduction théorique, puis comme résultat expérimental plus ou moins accentué suivant la constitution du champ magnétique, très accentuée par exemple dans le Transport de Munich.

Nous avons montré que cette action tend à exalter le champ d'une Génératrice, et à affaiblir le champ d'une Réceptrice.

---

la composition, selon le parallélogramme de ces deux forces à angle droit, devrait donner un magnétisme résultant plus considérable que la plus grande des deux composantes, ce qui est en désaccord certain avec la réalité. Au contraire, l'explication de Bréguet rend également compte de ce second effet, elle doit donc être conservée.

Cette réaction est une conséquence de la loi de Lenz étendue aux courants moléculaires constitutifs du magnétisme. Si l'on examine une spire d'enroulement Pacinotti-Gramme ou Alteneck-Siémens, en la suivant dans ses positions successives d'un tour complet, on voit que pour le sens de rotation correspondant à la fonction génératrice, le courant de la spire tend constamment à accroître le magnétisme inducteur, et tend constamment à l'amoindrir dans le sens opposé de rotation qui est le sens de la fonction réceptrice.

Notre théorie et ses effets ont été contestés, notamment par M. Deprez qui a reproduit, à cette occasion, une expérience, déjà ancienne, qui montre une machine réceptrice tournant à charge mécanique constante, à des vitesses très différentes, sans que l'intensité du courant varie; nous ignorions d'autant moins cette possibilité, que nous avons été le premier à en tirer parti, et même doublement parti, dans nos Robinets électriques; nous y avons appliqué notre théorème de la conservation réciproque des courants à toutes vitesses et à tous débits d'Energie de deux machines cinématiquement dépendantes.

Ce théorème est en effet doublement basé sur la fixité du lien électrique et mécanique (Comptes Rendus, t. XCI, p. 1062, et t. XCIII, p. 210).

Mais, précisément pour cette raison nous étions destiné à constater, le premier aussi, les premiers résultats dénonçant que la fixité du lien pouvait être compromise dans certaines conditions relatives de constitution des champs.

Aujourd'hui, la contestation est devenue impossible, il suffirait de se reporter au Tableau de la page 54 que j'ai établi d'après les chiffres des propres observations de M. Deprez. Ce Tableau montre dans quelle proportion il y a eu accroissement, en marche, du champ magnétique statique de cette Génératrice.

Du reste, dès que la conception de ce genre de réaction est seulement produite, les preuves de sa réalité se présentent d'elles-mêmes, nombreuses et convaincantes; en même temps, les énoncer, c'est faire la clarté sur des faits qui, avant notre théorie,

étaient inexpliqués, ou même semblaient constituer des anomalies, en contradiction avec les principes reçus (1).

---

(1) 1° Depuis longtemps les praticiens ont constaté que, dans les machines à aimants, les aimants s'améliorent et s'entretiennent par l'usage, lorsque la machine est génératrice, tandis qu'ils s'affaiblissent graduellement par l'usage quand la machine est réceptrice.

2° Avec deux bonnes machines à électro-aimants, soigneusement ajustées, tout à fait identiques, mises sur le même courant, l'une servant de Générateur et l'autre de Récepteur du courant, il n'est pas rare de voir le Récepteur, livré à ses seules résistances passives, prendre une allure aussi rapide et même plus rapide que son Générateur identique. Il faut donc nécessairement que l'effort mécanique du Récepteur soit plus petit que celui du Générateur, et, comme les champs électriques sont identiques, il faut que le champ magnétique soit plus petit dans le Récepteur que dans le Générateur. Si l'on se refusait à admettre cette conclusion, il faudrait se résoudre à admettre que cette expérience nous offre un exemple d'un *tout* plus petit que l'une de ses *parties* (Energie récupérée plus grande qu'Energie dépensée.)

3° On sait que le travail extérieur maximum d'un Générateur d'électricité s'obtient sur une résistance extérieure égale à la résistance intérieure. Par la même raison, une force électromotrice extérieure produit son travail maximum quand elle est la moitié de la force électromotrice génératrice, parce que le travail d'une force électromotrice e sur courant i est égal au travail d'une résistance $\frac{e}{i}$ sur même courant i et que si $e = 1/2$ E, on a $\frac{e}{i} = R$, c'est-à-dire la résistance $\frac{e}{i}$ est égale à la résistance du circuit total en dehors de $\frac{e}{i}$; donc avec deux machines identiques, à champs identiques, on aura $e = \frac{E}{2}$ lorsque les vitesses sont dans les rapports de 1 à 2. D'après une expérience déjà ancienne, publiée par feu Niaudet, deux machines Gramme à aimants, identiques, vérifiaient ce principe au premier moment où elles étaient mises en Ligne, l'affaissement du champ récepteur n'étant pas immédiat. Plus la matière magnétique se rapproche du fer doux, plus la réaction est indépendante du temps, plus elle se manifeste au premier instant du fonctionnement.

Avec deux dynamos identiques, la Question est moins simple *a priori*, parce que les champs magnétiques varient avec l'intensité du courant. Mais il est facile de la rendre aussi nette en ce qui nous intéresse actuellement.

Considérons une dynamo génératrice tournant à une allure fixe N, et la dynamo identique, réceptrice, à l'allure $n = \frac{N}{2}$: je dis que l'allure du Récepteur, travaillant au maximum, ne peut pas être supérieure à $\frac{N}{2}$. En effet, l'expression du travail mécanique recueilli en une seconde est $\frac{(E - e)\, e}{r + R + \rho} = T_u$; E, e les forces électromotrices des deux machines, r, R leurs résistances, ρ celle de la Ligne. Si, diminuant l'effort résistant récepteur, l'allure du Récepteur s'accroît de façon qu'il en résulte un certain accroissement de e, la fonction de T_u sera plus diminuée que si ce même accroissement de e intervenait, lorsque E est supposé rester constant; car, dans la dynamo génératrice, E étant par hypothèse fonction du courant, cet E ne peut que diminuer si e augmente, et, comme l'accroissement de e diminuait déjà T_u pour E fixe, T_u diminuera *a fortiori*. Donc $e = \frac{E}{2}$ est certainement une limite supérieure de la force électromotrice réceptrice convenant au maximum de travail mécanique régénér' par conséquent, avec deux dynamos identiques dont les champs magnétiques effectif seraient égaux, la vitesse $n = \frac{N}{2}$ serait certainement une limite supérieure de l'allure convenant au maximum de travail mécanique régénéré.

Or, l'expérimentation directe montre généralement qu'avec deux dynamos identiques, la Génératrice maintenue à l'allure constante N, le travail régénéré mécaniquement est maximum à une allure $n > \frac{N}{2}$.

Il est facile de se convaincre de la grandeur des erreurs auxquelles expose dans certains cas l'application de l'hypothèse, nul-

---

Avec certaines machines Gramme à labourage, employées par MM. Chrétien et Félix, le maximum avait lieu pour $n = 2/3$ N et était la moitié du travail dépensé. Nombre d'autres dynamos industrielles françaises ou étrangères donnent des résultats analogues.

Il est donc certain alors que les champs magnétiques ne sont pas égaux, et que le champ magnétique récepteur est plus petit que le champ magnétique générateur, ce qu'il fallait démontrer.

Dans les cas où le magnétisme est, sous le courant employé, assez dense pour que le champ magnétique générateur soit insensible aux petites variations de e, le maximum a lieu évidemment pour $e = \frac{E}{2}$, et l'on peut se servir de cette remarque pour apprécier le rapport des couples mécaniques C, c, puisqu'alors le rendement mécanique est connu et égal à $\frac{1}{2}$. L'application à l'exemple précédent donnerait

$$\frac{1}{2}\,CN = c \times \frac{2}{3}\,N \text{ ou } c = \frac{3}{4}\,C;$$

les deux machines étant identiques, $\frac{3}{4}$ est aussi le rapport des deux champs magnétiques.

De même, connaissant le rendement mécanique Fr d'un Transport aux allures N, n, on a :

$$FrNC = nc \text{ ou } c = Fr\,\frac{N}{n}\,C,$$

et si les deux machines sont identiques, $Fr\,\frac{N}{n}$ exprime en outre le rapport des champs magnétiques récepteur et générateur.

Ainsi, dans le Transport d'un $\frac{1}{2}$ cheval de Miesbach à Munich, avec deux machines identiques, type Gramme d'atelier, renforcé, aux allures de 2100 et 1400 tours par minute, nous avons démontré que le rendement mécanique net n'atteignait pas 15 0/0. $\frac{x}{100}$ étant le rendement mécanique brut, on aurait

$$c = \frac{x}{100} \times \frac{2100}{1400}\,C \text{ ou } \frac{x}{100} = \frac{c}{C} \times \frac{2}{3},$$

d'où il résulte que pour une limite supérieure de $\frac{C}{c}$ égale à $\frac{1}{3}$, il faudrait déjà admettre un rendement mécanique brut de $\frac{x}{100} = \frac{22}{100}$;

c'est-à-dire admettre que le passif mécanique dans le Récepteur valait la moitié de sa récolte au frein. Donc, dans l'expérience de Munich, les deux machines identiques étaient tellement constituées et employées, comme champs magnétiques, courant et allures, que, pendant l'expérience, le champ magnétique, dans la fonction réceptrice, était au plus le tiers du champ magnétique dans la fonction génératrice.

Notre méthode de reconstitution des éléments électriques des deux machines d'un Transport, connaissant les résistances statiques, le couple du frein récepteur, les allures, le courant, les différences de potentiel aux extrémités de la Ligne, et l'application de cette méthode à l'expérience intéressante du Transport d'un $\frac{1}{2}$ cheval à 57 km. de Miesbach à Munich, ont été communiquées par nous : 1° à l'époque de l'expérience, au Président du Comité électro-technique de l'Exposition de Munich; 2° à l'Académie des Sciences, t. XCV, p. 711, 23 octobre 1882, sous le titre : « Dans les » Transports d'Energie avec deux machines dynamo-électriques identiques, le rapport

lement justifiée par la réalité, que les machines obéissent nécessairement dans leur fonctionnement en marche, aux lois de toute première approximation évoquées par les considérations statiques (1).

Certes, nous croyons que, tant au point de vue des nécessités de l'enseignement qu'au point de vue de l'intérêt du progrès des applications, les simplifications théoriques sont nécessaires dans les questions complexes; mais il faut encore que ces simplifications ne faussent pas complètement la réalité des faits, car alors, elles n'ont plus que des inconvénients (2). Le premier devoir du

---

» des vitesses n'exprime pas la valeur du rendement; le rendement égale le produit du » rapport des vitesses par le rapport des champs magnétiques; application à l'expé» rience de M. Deprez, de Miesbach à Munich »; 3° à la Société française de Physique, séance du 17 novembre 1882; 4° à la Société des Ingénieurs Civils, séances des 16 juin, 2 mars, 16 mars, 20 avril 1883.

(1) Société française de Physique, 17 novembre 1882. Société des Ingénieurs Civils, 16 février 1883. Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, 9 janvier 1882. Mesure de la résistance intérieure et de la force électromotrice des machines électriques en marche, 4 juin 1883. De la puissance mécanique passive, de la résistance intérieure et du champ magnétique des régimes allure-courant; détermination électrique de leurs valeurs effectives.

(2) Pour montrer à quelles conclusions erronées peut conduire le calcul avec l'hypothèse que les machines obéissent aux lois de première approximation, il suffit de rappeler : 1° Les calculs de M. Deprez; 2° les conclusions qu'il avait tirées des expériences de Munich.

1° Au Congrès de 1881, M. Deprez a reproduit un calcul antérieur, destiné à montrer tout le parti qu'on peut tirer, d'après lui, de l'accroissement de finesse des enroulements. D'après ce calcul, le type Gramme C, enroulé d'un fil 50 fois plus fin que dans les expériences de Chatham, peut transporter 10 chevaux à travers 50 km. de fil de fer télégraphique au rendement de 65 0/0. M. Deprez concluait que le résultat de ce calcul tendait à prouver que le rendement est bien indépendant de la distance. J'ai montré au Congrès qu'avec les mêmes hypothèses et un seul kilomètre on transportait 11 chevaux à 76 0/0. Plus tard, M. Deprez recommença le même calcul (*Lumière Electrique*, n° 79, p. 457, 1881), et cette fois il arriva à un rendement de 80 0/0, avec un enroulement seulement cinquante-cinq fois plus fin qu'à Chatham.

Il est à remarquer que si pour la carcasse C, on calcule, toujours dans la même hypothèse, le rendement à distance nulle et à enroulement quelconque, ou à distance quelconque et à finesse infinie, on trouve 72 0/0 pour ce rendement maximum limite (voir mes formules : Société de Physique, 17 novembre 1882, Ingénieurs Civils, 16 février 1883). La méthode de ce calcul de M. Deprez consiste à admettre, sans y prendre garde, que la force du champ magnétique de la machine C restera la même en supprimant les 9/10 de la dépense d'énergie inductrice de Chatham, et ensuite à chercher la valeur de la finesse d'enroulement K convenant au minimum de l'expression $E - e = 12\,K + \frac{36000}{K}$, tandis que le minimum qu'il faudrait chercher, c'est celui de $(E - e)\,I$, quantité d'énergie dépensée en chaleur sur tout le circuit, et dont la seule quote-part variable, dans l'hypothèse de première approximation, est RI^2 ce qui reste en chaleur sur la Ligne de résistance R, ou $\frac{R\,i^2}{K^2}$ dont le minimum a lieu pour $K = \infty$; $I = \frac{i}{K}$, puisque les machines sont supposées fonctionner à la même densité de courant qu'avec le courant i de Chatham et que K est le rapport des sections du fil enroulé.

2° Dans le Transport de Miesbach à Munich, le frein récepteur du Palais de l'Exposition marquait un demi-cheval, et il s'agissait de savoir à quel rendement le demi-cheval avait été transporté.

Savant est donc de soumettre sans retard au contrôle expérimental les vues théoriques simplificatrices qui lui sont venues à l'esprit. et de les corriger aussitôt que les faits lui signalent de sérieux désaccords.

Le point d'appui expérimental, constant, est ici d'autant plus nécessaire, qu'il s'agit d'une question des plus complexes au fond. M. Blavier, vice-Président de la Société Internationale des Electriciens, parlant de la théorie de M. Clausius, la jugeait avec raison, conduire à une formule assez compliquée ; cependant il est facile de se convaincre que cette formule n'est encore pas assez compliquée, puisque, d'abord, ce Savant n'a pas introduit de terme représentant l'induction, qui peut être importante, de la spirale mobile sur les circuits moléculaires magnétiques constitutifs du champ magnétique. Certes, le mécanisme intime de cette cause ou de toute autre, dont l'effet seul est indiscutable, est fort intéressant à élucider, mais on pent affirmer qu'il ne serait pas permis de clore ici la liste des réactions plus ou moins importantes intervenant en marche. Il faudrait compter avec la recomposition aux balais, de l'ordre des charges électriques dynamiques, c'est-à-dire dépendant de la circulation de régime, élément signalé par moi et ensuite par M. Joubert, et, la recomposition, aux balais, de l'ordre des charges électrostatiques, que j'ai signalée en faisant remarquer que son influence croît avec la finesse d'enroulement d'un même volume, parce que les surfaces de ces condensateurs à lame d'isolant, augmentent ainsi que la différence de potentiel qui préside à leur charge.

En voilà assez pour convaincre qu'une synthèse absolue est ici assez mal à l'aise, elle serait déjà gênée par la seule correction attribuable à l'accroissement de la résistance statique de chaque portion du fil, en raison de sa température pendant le fonctionnement.

C'est pourquoi, au nom même de la méthode scientifique, nous

M. Deprez pensant, avec l'opinion générale des Savants à cette époque, que les couples mécaniques et les champs magnétiques de ses deux machines Gramme, identiques étaient égaux, conclut que le rendement mécanique brut était 68 0/0, rapport de la vitesse du Récepteur (1400 tours) à la vitesse du Générateur (2100 tours), et nous avons montré, d'après les chiffres mêmes observés par M. Deprez, que le rendement brut n'atteignait pas 22 0/0. On ne peut donc pas désirer de meilleure preuve expérimentale de l'insuffisance des théories statiques appliquées dans tous les cas aux fonctions dynamiques des machines.

pensons que le Savant, qui veut être utile, doit avant tout, mettre en lumière les dominantes d'une Question complexe; nous pensons qu'il doit alors réduire au strict minimum le nombre des variables, guidé par une exacte théorie d'ensemble; mais nous pensons que c'est ensuite directement qu'il doit déterminer les valeurs qui ressortent, pour les variables, d'expériences graduées devant lui permettre de discerner, puis de réaliser les relations les plus favorables des éléments disponibles qui interviennent.

Premier examen sommaire des Transports de Munich, de la Gare du Nord, de Grenoble et de Creil.

Reportons-nous à notre loi générale du Transport donnée p. 39, loi de laquelle nous avons conclu la possibilité du Transport économique à grande distance, à la condition d'avoir une grande Energie disponible au départ. Grâce à cette loi, nous pouvons déjà jeter utilement un premier coup d'œil d'ensemble sur les divers essais de Transport, y compris celui de Creil.

A Munich, on transporte $\frac{1}{2}$ cheval à 57 kilomètres avec un rendement que M. Deprez avait cru être de 68 0/0 et qui n'était que de 14 0/0, ainsi que je l'ai prouvé; les machines, sont deux machines Gramme d'Atelier renforcées, le fil induit du diamètre de 1 $^{m}/^{m}$ constituant un grand nombre de circonvolutions et une grande longueur.

A la Gare du Nord et à Grenoble qui n'est qu'une répétition de la Gare du Nord, la distance est 7 fois plus petite, le rendement est de 40 0/0, la machine génératrice est très importante, la longueur de fil induit de 1 $^{m}/^{m}$ est 20 fois plus petite par paire de balais, la quantité d'Energie disponible au départ est accrue.

Les conditions générales de la Gare du Nord et de Grenoble étaient donc bien plus avantageuses que celles de Munich.

Les mêmes conclusions s'appliquent aux conditions générales du Transport de Creil, puisque l'on dispose de 250 chevaux au départ, puisque la distance de 50 kilomètres est comblée par un fil de cuivre silicieux de 5 millimètres de diamètre, de haute conductibilité, en sorte que la résistance totale de la Ligne, 100 ohms, est

moins grande que la résistance des 8 kilomètres de la Gare du Nord, 160 ohms, égale elle-même à celle des 14 kilomètres de Grenoble.

Voyons d'abord le résultat brutal de cette expérience de Creil.

Si d'après les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (26 octobre 1885) on calcule les déterminantes et les rendements individuels du Générateur, du Récepteur et de la Ligne, on trouve pour les déterminantes 5, 6, 7 et des fractions; et pour les rendements, environ 81 0/0 pour la Génératrice, 87 0/0 pour la Ligne et 86 0/0 Réceptrice; ce qui donne un rendement électro-mécanique brut de 61 0/0 ramené à 52 0/0 en tenant compte des deux rendements mécaniques purs de départ et d'arrivée (1).

---

(1) L'application de nos formules établies plus haut donne dans l'expérience du 26 octobre, pour rendement électro-mécanique net :

$$\frac{n}{n+1} \times \frac{m-1}{m} \times \frac{m''-1}{m''} \times \frac{m'}{m'+1} \times \frac{n'-1}{n'} = 0.52$$

Calcul de m la déterminante électro-mécanique de la Génératrice : puissance électrique dans l'induit générateur, 55,9 chevaux; dans le champ magnétique, 10,3; résistance des anneaux $16.5 \times 2 = 33$ ohms; courant 7.20 ampères; chaleur dans l'induit $= \frac{33 \times 7.\overline{2}^2}{75\ g} = 2.325$.

Total dans la Génératrice, 68.5.

donc $m = \frac{68.5}{10.3 + 2.3} = 5.437$; donc $F_G = \frac{m-1}{m} = 0{,}816$.

Calcul de m' la déterminante électro-mécanique de la Réceptrice : dans l'induit $\frac{ei}{75\ g} = 43{,}4$ chevaux; dans le champ magnétique 3,8; résistance des deux anneaux $18 \times 2 = 36$ ohms; chaleur dans l'induit $\frac{36 \times \overline{7{,}2}^2}{75\ g} = 2.5$ chevaux.

$$m' = \frac{43{,}4}{3{,}8 + 2.5} = 6{,}889 \text{ donc } F_R = \frac{m'}{m'+1} = 0{,}873,$$

Calcul de m'' la déterminante électrique de la Ligne :

reçu par la Ligne $\frac{EI - I^2R}{75\ g} = 55{,}9 - 2{,}3 = 53{,}6$, elle consomme $\frac{100 \times \overline{7{,}2}^2}{75\ g} = 7$

$$m'' = \frac{53{,}6}{7} = 7{,}657 \text{ donc } F_L = \frac{m''-1}{m''} = 0{,}869.$$

Calcul de n la déterminante purement mécanique de la Génératrice

Puissance du dynamomètre avant la dynamo	61 chevaux
Puissance électrique de l'induit	55,9
Puissance passive mécanique = différence	5,1

Il est certain que la machine excitatrice de l'inducteur était actionnée en dehors du dynamomètre de transmission, car 61 est plus petit que 55,9 + 10,3.

Il faut signaler l'omission de la quote part passive mécanique qui devait être attribuée au travail électrique excitateur du magnétisme. En outre, il paraît probable que les 10,3 chevaux d'excitation ne comprennent que la dépense sur le fil de l'électro de la Génératrice, et ne tiennent pas compte de ce qui est consommé dans l'induit et l'inducteur de la machine excitatrice.

La dépense spécifique des matériaux est de 506 kilogrammes pour la Génératrice. 437 kilogrammes pour la Réceptrice.

En prenant $n = \frac{55,9 + 10,3}{5,1} = 12,98$ on a donc une valeur trop forte d'environ $\frac{1}{6}$ ce qui ramène à la valeur $n = 10,8185$ correspondant à un rendement purement mécanique de $\frac{n}{n+1} = 0,9145$.

Calcul de n' la déterminante purement mécanique de la Réceptrice :

Puissance régénérée mécaniquement par le Récepteur $\frac{eI}{75\ g} = 43,4$

Puissance recueillie au frein	40
Puissance dépensée sur l'inducteur	3,8
Somme des deux dernières puissances ou puissance mécanique brute dépensée par l'arbre de la Réceptrice moins puissance passive des frottements	43,8

Cette somme devant être nécessairement inférieure à la puissance totale régénérée mécaniquement, il y a donc une erreur dans les chiffres publiés, et probablement il faut en conclure que l'Excitatrice de la Réceptrice devait être actionnée par quelque autre source mécanique tout à fait indépendante du Transport. Nous ne pouvons donc pas tirer parti des chiffres publiés et nous admettrons que pour la Réceptrice le rendement purement mécanique $\frac{n'-1}{n'}$ ait la même valeur que pour la Génératrice, soit 0.914.

Je reproduis ci-dessous un extrait du devis de Fives Lille :

DÉTAIL DES POIDS DE LA GÉNÉRATRICE

Bâti.

» Plaques et boulons de fondation	7075 Kg	21180 Kg
» Plaques et entretoises	9605 »	
» Traverses supportant les inducteurs	4500 »	

Inducteurs.

» Noyaux des inducteurs et champs magnétiques	4484 Kg	6566 Kg
» Plaques de culasse	1712 »	
» Couronnes reliant les pôles	370 »	

Induits.

» 1 arbre moteur	1100 Kg	4985 Kg
» 2 Croisillons en bronze	1685 »	
» 2 anneaux en fer avec joues en bronze	2200 »	
» 2 couronnes porte balais et leurs supports	407 »	1167 Kg
» Boulons divers	750 »	
» 6 poulies de commande		8760 Kg
Total		42658 Kg
Fil inducteur		2575 Kg
Fil induit		1105 Kg
Somme		46335 Kg
Dont il y a lieu de retrancher		5840 Kg
Soit le poids de 4 des 6 poulies du devis. Il reste donc un poids de		40495 Kg

Si on admettait que la Génératrice puisse bien fonctionner en transformant 200 chevaux au lieu de 80, cela ferait encore $\frac{40495}{200}$, soit plus de 200 kilogrammes par cheval transformé. Mais si comme cela paraît vraisemblable, la machine ne se trouve pas dans de bonnes et durables conditions de fonctionnement en transformant plus de 80 chevaux, cela constituerait une dépense spécifique des matériaux de $\frac{40945}{80}$, soit 506 kilogrammes par cheval.

Les machines Edison courantes ont une dépense spécifique de 80 kilogrammes par cheval, et un rendement qui atteint facilement 95 0/0.

Rendons-nous compte, d'abord rapidement, d'une nouvelle théorie émise plus récemment que celle du rendement indépendant de la Distance. M. Deprez en France, a cru avoir trouvé, et M. Sylvanus Thompson en Angleterre, que si on prend une dynamo quelconque et si on multiplie par n ses trois dimensions linéaires, dans les trois sens de l'espace, on a une dynamo dont la puissance de transformation est multipliée par n^5.

J'ai prouvé que cela est théoriquement et pratiquement faux.

M. Deprez s'appuyait sur les efforts d'attraction des solénoïdes :

Quand on multiplie tout par n, grosseur de fil et distances, en conservant la densité de courant, l'effort est proportionnel à la quatrième puissance de la quantité que nous avons appelée n.

D'un fait vrai, il a été tiré des conclusions tout à fait à côté

DÉTAIL DES POIDS DE LA RÉCEPTRICE

Bâti :		
» Plaques et boulons de fondation	4553 Kg	
» Plaques et entretoises	5814 »	12839 Kg
» Traverses des inducteurs	2472 »	
Inducteurs :		
» Noyaux et champs magnétiques	2219 Kg	
» Plaques de culasse	918 »	3392 Kg
» Couronnes de réunion des pôles	255 »	
Induits :		
» Arbre moteur	650 Kg	
» Croisillons en bronze	760 »	2436 Kg
» Anneaux en fer avec joues	1026 »	
» 2 couronnes porte-balais et supports	313 »	
» Boulons divers	590 »	903 Kg
» Poulies de commande de l'excitatrice et du régulateur	55 »	
» Poulies dynamométriques	665 »	937 Kg
» Appareils de distribution d'eau et supports	217 »	
Total		20507 Kg
Fil inducteur		1155 Kg
Fil induit		531 Kg
Somme		22193 Kg
Dont il y a lieu de retrancher non les poulies qui seraient toujours nécessaires pour une commande quelconque, mais le poids de l'appareil de distribution d'eau		217 »
Il reste		21976 Kg

Ce qui fait $\frac{21976}{50}$, la Réceptrice, produisant 50 chevaux au lieu de 40, pèsera donc encore 439 kilogrammes par cheval, alors que les dynamos Edison pèsent 80 Kg. et que d'autres dynamos ont des dépenses spécifiques des matériaux bien plus faibles, jusqu'à même une quinzaine de Kg par cheval.

de ce qu'il était permis de faire, et c'est ce qui explique l'erreur du point d'arrivée.

Les auteurs précités admettent que la machine n fois plus grande tournera à la même vitesse angulaire ; au point de vue mécanique c'est inadmissible, car, admettant qu'il n'y ait pas d'excentricité dans une couronne cylindrique tournant autour de son axe, il y a lieu seulement de tenir compte de l'effort total centrifuge qui est donné par l'intégrale.

$$\int_{r'}^{r'+E} \frac{v^2\, dm}{r},$$

et si on multiplie par n toutes les dimensions, la quantité totale est multipliée par n^2, par conséquent l'effort est donc déjà le même par unité de surface à même vitesse linéaire ; et la formule de notre Président M. Love, sur la résistance des matériaux $E = \frac{6Nr}{T} + 0{,}07$, achève la démonstration, elle prouve que les nouvelles épaisseurs sont à peine suffisantes à même pression par unité de surface.

Nous voici donc ramenés à la proportion n^4. Or, admettre cette proportion n^4 revient à admettre que l'intensité du champ a été multipliée par n, ce qui est faux à tous les points de vue.

On peut d'ailleurs faire un raisonnement très simple. Si on prend leur machine avec leur masse magnétique n^3 fois plus grande en admettant que les champs magnétiques se sont trouvés n fois plus grands ; si alors on augmente comme eux l'entrefer dans la proportion n, mais qu'on laisse à la surface polaire la même valeur que dans la petite machine, on s'aperçoit que, toutes choses égales d'ailleurs, on a leur champ magnétique multiplié par n^2 ; comme leur champ magnétique est déjà n fois plus grand, et que la masse induite est n fois celle de la petite machine, on s'aperçoit qu'on a une puissance multipliée par n^4 ; seulement on est déjà dans des conditions très supérieures à celle des auteurs, puisqu'on a dépensé moins de n^3 fois le matériel primitif pour avoir même puissance totale et une meilleure puissance spécifique du cuivre induit.

Si maintenant on ne s'arrête pas à cette combinaison, si on reprend cette machine et si on ramène la distance d'entre-fer à ce qu'elle

était dans la première machine, l'effet produit dépendra de la valeur qu'avait l'intensité du champ avant ce rapprochement; il est clair que si toutes les lignes de force qui traversent les surfaces polaires sont supposées utilisées et que ce fer soit à saturation, le rapprochement ne pourra pas augmenter l'intensité du champ, mais nous pourrons diminuer la dépense d'excitation, et nous aurons une meilleure utilisation spécifique.

Par la même raison, il y a lieu d'accentuer de plus en plus cette diminution de l'entrefer jusqu'à la limite imposée par les conditions mécaniques (1).

Pour un instant on aura abandonné la puissance totale de la machine, puisqu'on aura diminué la masse du fil induit, mais on aura réalisé les meilleures conditions économiques : on n'aura plus qu'à augmenter les dimensions en surface, sans augmenter l'entrefer, pour reprendre la puissance totale dont on aurait besoin.

Nous voyons donc qu'en admettant pour un instant que les auteurs aient atteint le but qu'ils poursuivaient, ils n'ont pas rendu n fois

---

(1) La puissance d'une dynamo en ergs-seconde est le produit des valeurs utiles et moyennes de la vitesse V, de l'intensité du champ magnétique H, de la densité du courant i et du volume induit, sl ou Pd, s section du conducteur de longueur utile l, P surface polaire, d entre-fer : puissance ergs-seconde $= VHi[sl]$ ou $VHi[Pd]$ ou rigoureusement $VHi[(P - \Delta P)(d - \Delta d)]$; ΔP et Δd tenant compte de l'isolant. Nous avons vu que, toutes choses égales d'ailleurs, à mesure que l'on diminue d, H croit de façon qu'il s'établisse une sorte de compensation qui, entre certaines limites, tend à maintenir la constance du produit Hd. Il en résulte qu'il y a généralement grand avantage à diminuer d pour pouvoir augmenter i, les conditions de diffusion du calorique de l'induit devenant au contraire de plus en plus mauvaises lorsque d augmente.

On sait depuis longtemps que toutes choses égales d'ailleurs, et jusqu'à des limites non encore fixées mais sans doute assez reculées, il y a économie d'Energie excitatrice à mesure qu'on augmente les masses de fer excitées. mais ce bénéfice peut être perdu par un choix non judicieux de la valeur de d qui force alors à ne pas dépasser une faible valeur de i. C'est précisément le cas de la Génératrice de Creil :

Admettant une dépense d'excitation de 12,68 chevaux, $d = 0^m,06$, circonférence moyenne $= \pi \times 0,74$, largeur du noyau de l'anneau $= 0,40$, le volume induit utile du double anneau $2 \pi \times 0,74 \times 0,06 \times 0,40 = 111$ décimètres cubes, et si on se bornait à comparer ce volume à celui de la machine Gramme, type A, 0,55 décimètres cubes $= \pi \times 0,175 \times 0,01 \times 0,10$, on conclurait qu'il faudrait 200 machines Gramme d'Atelier et 65 chevaux d'excitation pour créer le même volume induit, $65 = \Sigma \frac{ri^2}{75g} = 200 \frac{0,6 \times \overline{20}^2}{736}$, mais il faudrait bien se garder de céder à la tentation d'admettre alors qu'on aurait besoin de 200 machines Gramme d'Atelier pour transformer la même puissance que la machine Gramme-Deprez, puisque 45 de ces unités Gramme d'Atelier seraient déjà trop nombreuses.

Il y aurait lieu d'ajouter que le type A a un H non pas de 1900, mais de plus de 2100 unités C G S.

Enfin, nous pourrions facilement choisir parmi les appareils du genre Pacinotti-Gramme, un terme de comparaison plus perfectionné que la première, la plus vieille de toutes les machines dynamo-électriques.

Mais du reste, même en bornant la comparaison au type A, on voit que 45 de ces petites machines Gramme constituent la mise en œuvre d'une masse matérielle pesant $185 \times 45 = 8325$ kilogrammes au lieu des 40495 kilogrammes de la Génératrice Creil.

meilleur le champ magnétique parce qu'ils ont augmenté les dimensions

Mais allons plus loin, supposons que la combinaison d'agrandissement des trois dimensions d'une dynamo, dans la proportion n, au lieu d'être une simple erreur, ait pu être un moyen d'obtenir un champ magnétique n fois plus intense, il ne faudrait pas moins renoncer à employer ce moyen, car il entraînerait nécessairement les deux inconvénients suivants :

1° Lorsque les dimensions sont multipliées par n, la section conductrice du magnétisme par l'armature devient seulement n^2 fois plus grande, et par conséquent la grande armature est dans des conditions n fois moins bonnes que la petite comme conduction magnétique, puisqu'il faudrait conduire n^3 fois plus de lignes de force.

2° Lorsque les dimensions sont multipliées par n, la surface extérieure de l'anneau de cuivre est également n^2 fois plus grande et cependant, ainsi que M. Arnoux croit l'avoir remarqué le premier, doit exhaler dans le même temps une quantité d'Energie thermique n^3 fois plus grande. Cette surface est donc, par la raison donnée plus haut, dans des conditions n fois plus défavorables comme refroidissement. Du reste ce phénomène inéluctable n'a pas manqué de se manifester sur les deux machines de Creil qui ne peuvent marcher sans s'échauffer, qu'en deçà du tiers de la densité de quatre ampères par millimètre carré, réalisée dans tous les bons appareils.

Non seulement la soi-disant loi de similitude est fausse en Dynamo-électricité, mais elle est fausse en Mécanique générale; et au contraire, j'ai été amené à la certitude du principe suivant de Mécanique générale, qui ne souffre pas d'exception et que j'ai exprimé sous forme de théorème.

Considérons une réunion de formes géométriques quelconques, soit un rassemblement de morceaux de sphères, de cônes, de pyramides ou volumes quelconques, ensemble de formes que j'appelle une *entité* de proportions, parce que je peux lui donner les dimensions que je veux, sans changer les proportions.

Si je concrétise cet ensemble en plaçant dans les espaces homologues une ou plusieurs mêmes matières, ayant en vue une certaine utilisation spécifique des matériaux, cette utilisation sera

maximum pour une certaine valeur absolue des dimensions de l'entité, pourvu que les forces élémentaires, qui interviennent dans l'utilisation visée, dépendent à un degré quelconque du rapport des dimensions absolues fixes qui intéressent la constitution intime de la Matière, et des dimensions absolues variables qui intéressent l'entité.

Il y a déjà longtemps, faisant part à M. Fontaine de mon opinion que les dimensions absolues des dynamos intervenaient comme un facteur important dans les qualités de ces appareils, l'Administrateur de la Société Gramme m'a donné les renseignements suivants qui sont d'un grand intérêt et traduisent tout à fait le théorème.

M. Gramme a d'abord fait la machine A, ou type d'Atelier, machine d'une puissance de 2 chevaux 1/2 fort bien réussie.

Si on tient compte du cuivre total dépensé dans cette dynamo, on constate qu'une puissance de 100 watts correspond à un kilogramme de ce cuivre.

M. Gramme a construit différents types, en augmentant proportionnellement les dimensions, depuis la grandeur correspondant à la puissance de 2 chevaux 1/2 jusqu'à la grandeur correspondant à 16 chevaux : il est arrivé que le pouvoir de transformation du kilogramme de cuivre a passé successivement par des valeurs de 80 à 70 watts, par conséquent, l'augmentation de puissance n'était pas même proportionnelle à l'augmentation du poids des appareils. Ce n'était pas n^4, ce n'était même pas n^3.

Il a également construit la série descendante jusqu'à des machines d'une puissance très faible, quelques kilogrammètres ; il s'est trouvé que, de même que dans la progression ascendante, le pouvoir du kilogramme total de cuivre allait en diminuant, depuis le type de 2 chevaux 1/2 jusqu'au type le plus faible.

Un observateur, qui se serait borné à cette dernière série de zéro à 2 chevaux 1/2, cédant à l'esprit de généralisation, aurait conclu que, plus on augmente les dimensions, plus on augmente le pouvoir de transformation de l'unité de métal.

En fait, le Constructeur était donc tombé à peu près sur la grandeur absolue qui correspondait au maximun d'utilisation des matériaux pour cette entité déterminée.

L'expérience a montré à M. Gramme que cette forme de ma-

chine n'était plus bonne pour dix chevaux, et qu'il obtenait un meilleur résultat avec une machine à 4 pôles. C'est la machine qui a donné d'excellents effets aux Mines de la Péronnière. M. Gramme voulant alors établir des réductions de ce type, a constaté que dès qu'on voulait diminuer suffisamment la puissance, il valait mieux en revenir au type normal.

Je ne veux pas dire que je considère comme impossible de faire de puissantes dynamos, meilleures que les modestes échantillons qui existent aujourd'hui : je crois que cela se peut, et je dirai comment je pense le réaliser ; mais j'ai prouvé que ce progrès ne sera pas obtenu en essayant de suivre des théories de similitude tout à fait erronées.

Il n'est peut-être pas inutile de dire un mot des dynamos tout en cuivre sans aucune pièce en métal magnétique, les électros remplacées par des solénoïdes de cuivre dont a parlé M. Deprez.

J'ai montré que si de tels appareils étaient capables de fonctionner ils n'obéiraient pas à la loi d'Ampère $ii' \, ds ds' \, f$ (distance et inclinaison), car l'état électrique et mécanique serait absolument instable, en raison des actions proportionnellement réflexes de la force électro-motrice induite et du champ magnétique. Cela revient à dire que l'appareil ne serait susceptible d'aucun régime de fonctionnement, puisque la moindre variation, de vitesse par exemple, aurait pour effet immédiat d'exalter jusqu'à destruction ou d'abaisser jusqu'à zéro, suivant le signe du premier changement infinitésimal. Telle est même l'explication que j'ai donnée du désamorcement des dynamos usuelles, alors que le magnétisme est proportionnel au courant, à très faible densité magnétique, et j'ai fait remarquer que là est aussi l'explication de la brutalité de l'action réflexe inverse près du point d'amorçage.

Il faudrait donc déjà exciter les solénoïdes inducteurs de ces appareils par des dynamos à électros ou par des piles hydro ou thermoélectriques.

M. Deprez explique qu'il faut prévoir des appareils tout en cuivre, afin d'échapper aux limites de saturation du fer, mais d'abord il n'est pas vraisemblable que les substances magnétiques soient seules soumises à des limites dans la densité des lignes de force ; si l'on admet que leur constitution physique intermoléculaire comporte des intervalles d'éther, la limite de saturation des substances

magnétiques ne peut guère se comprendre sans admettre également une limite pour l'éther.

On ne voit pas *a priori* pourquoi, dans les milieux non magnétiques, les lignes de force de même sens n'obéiraient pas davantage à leur répulsion réciproque.

L'objection suivante, *a posteriori*, se présente à l'esprit : Supposons le problème résolu et un champ magnétique constitué, aussi puissant que nous l'avons voulu, rien qu'avec des solénoïdes de cuivre. Nous avons évité le fer pour accroître beaucoup l'intensité du champ magnétique ; et cependant, si, dans ce champ extrêmement puissant, nous plaçons une masse de fer, nous augmenterons nécessairement la puissance du champ, puisque nous introduisons, nous ajoutons une nouvelle quantité de magnétisme, de nouvelles lignes de force.

Un champ magnétique, sans intermédiaire de substance magnétique ne se prêterait pas commodément à une favorable répartition des lignes de force dans l'espace réservé aux déplacements des conducteurs à induire.

Déjà avec les substances magnétiques, il ne faut pas céder à la tentation d'identifier ou seulement de croire nécessairement concordants, pas plus en direction qu'en grandeur, les effets d'attraction magnétique, d'effort mécanique, et les effets d'intensité magnétique; encore moins est-il permis de confondre l'effet totalisateur d'attraction réciproque de deux solénoïdes avec l'intensité du champ dans l'espace directement compris entre les deux bases des solénoïdes : l'attraction totale intéresse toutes les lignes de force, celles qui traversent cet espace comme celles qui le contournent de très loin.

D'autre part, si, pour échapper à ces inconvénients, on avait recours à de la substance magnétique même réduite à l'état de simple semelle polaire, on retomberait dans les limites de saturation qu'on s'était proposé d'éviter.

En ce qui concerne le fonctionnement des dynamos quelconques dès que le courant circule dans le fil induit, il ne faut jamais perdre de vue la différence essentielle entre les réactions produites, sur des lignes de force, par des courants dont le plan d'enroulement est perpendiculaire aux lignes de force, et les réactions lorsque le plan d'enroulement est parallèle aux lignes de force,

ces dernières réactions tendant non pas à accroître jamais le champ comme le peuvent les premières suivant le sens du courant, mais toujours à diminuer les effets d'induction électrique, par la sorte de courbe en chaînette, que les lignes de force prennent généralement, courbure d'autant plus accentuée et d'autant plus nuisible aux effets d'induction par l'obliquité moyenne, que l'intensité du courant est plus forte, que l'intensité du champ magnétique est plus faible, que la longueur, la portée des lignes de force est plus grande.

Enfin, les bobines de cuivre magnétisantes seraient dans des conditions déplorables comme diffusibilité spécifique du calorique et, toutes choses égales d'ailleurs, ne pourraient supporter que de très faibles densités de courant.

Je crois pouvoir affirmer, en résumé, que cette conception ne peut mener qu'à des résultats tout à fait inférieurs.

Analyse des dynamos Gramme, construites sur les plans de M. Deprez pour le Transport Creil-Paris.

L'enquête à laquelle je me suis livré sur les dynamos, m'a prouvé qu'il est de la plus grande importance de réaliser un champ magnétique très intense, non seulement pour accroître le rendement et pour accroître l'utilisation spécifique des matériaux qui augmente proportionnellement à cette force magnétique, mais en outre parce que j'ai constaté que la plupart des inconvénients subsidiaires, tels que les réactions secondaires électriques, électro-magnétiques, électrostatiques, que j'ai eu l'honneur de signaler et de mesurer, sont d'autant moins nuisibles que cette âme, cette puissance de constitution est plus grande; j'ai fait la même constatation sur le degré d'action de la densité du courant induit comme déplacement des points neutres magnétiques et des points de contact des balais recueilleurs sur les collecteurs, et je suis arrivé à cette conclusion que les palliatifs s'adressant à chacun de ces effets nuisibles ne sont ni efficaces, ni pratiques, tandis que le seul remède rationnel est de s'adresser à la constitution même de la dynamo, absolument comme dans l'art de guérir, il est sans intérêt sérieux de s'attacher à combattre les mille symptômes morbides qui ne sont que

la traduction de l'appauvrissement d'une constitution, il est plus rationnel quand la chose est possible de refaire la constitution.

Précisément nous sommes maîtres de la constitution des dynamos que nous créons, nous pouvons et nous devons leur donner un tempérament d'une grande vigueur. La seule bonne synthèse est donc de donner aux machines un champ H d'une très grande puissance.

Nous avons vu que les dynamos Edison étaient déjà remarquables sous ce rapport, et que le vice des machines du Transport Creil-Paris est l'insuffisance de H, à un point tel que la Génératrice de Creil, la seule dont on puisse calculer exactement le champ avec les données numériques publiées, possède un champ plus faible que la plus vieille de toutes les dynamos industrielles, la machine Gramme d'Atelier, 1900 au plus au lieu de 2100 (1).

Nous savons déjà que les machines Gramme de Creil pèchent par insuffisance de champ magnétique, mais il faut montrer clairement pourquoi les champs sont si faibles alors que, sans aucun doute, l'auteur s'est efforcé de leur donner une grande intensité, puisqu'il a dépensé pour l'excitation des électros inducteurs une proportion d'Energie environ 15 à 18 fois plus grande qu'il n'a été dépensé pour obtenir les plus puissantes intensités de champ des dynamos Edison, 5000 unités et davantage.

Les dynamos de Creil pèchent :

1° Par une trop grande distance d'entre-fer;

2° Par une trop faible section du fer de l'anneau;

3° Par un dispositif géométrique du double anneau Gramme désavantageux au premier chef, parce que ce dispositif est en oppo-

---

(1) Il y a lieu de signaler le collecteur des machines Creil-Paris, ce genre de collecteur Pacinotti-Gramme, déjà employé aux expériences de Grenoble, de la Gare du Nord et de Munich, a été imaginé par M. Solignac, l'habile Ingénieur qui a organisé les récentes applications électriques de la Piscine Rochechouart et du Nouveau Cirque.

Le collecteur dont il s'agit a été combiné par cet Électricien en vue du service des machines à haute tension; tout isolant solide est supprimé entre les lames successives destinées au contact des balais; les lames sont fixées en bouts à deux tambours de matière isolante. Cet organe de commutation, dans son application aux machines de Creil, n'a fait qu'affirmer davantage ses excellentes qualités électriques, aussi l'on peut déjà observer une tendance des Constructeurs à employer le collecteur Solignac à isolant d'air; M. Ernest Boistel, dans sa traduction de l'Ouvrage de S. Thompson, nous apprend qne la maison Siémens en a pourvu ses nouveaux types de dynamos.

J'ai combiné un système, à excentriques, de connexion de contacts mobiles commandés par des actions mécaniques respectives et indépendantes; ce dispositif permet de donner aux isolations et aux contacts toutes valeurs utiles arbitraires.

sition avec les conditions que le véritable *processus* magnétique exige pour réaliser un flux magnétique intense.

J'ai donné (page 71) le détail des calculs qui m'ont permis de déterminer les valeurs ou les limites supérieures des valeurs du champ de la Réceptrice et de la Génératrice employées aux expériences publiées.

La note (1) s'applique à la Génératrice telle qu'elle avait d'abord été établie sur les premiers plans de M. Deprez, c'est-à-dire avec le diamètre d'anneau presque double.

On sait en effet que les machines construites par Fives-Lille ont été remaniées au dernier moment et d'une façon radicale, quant aux anneaux, puisque le diamètre extérieur a été réduit de moitié, dans les anneaux qui ont été construits par les maisons Bréguet et Mignon et Rouart.

La raison donnée et publiée, pour justifier une si complète modification, a été que des courants parasites puissants circulaient dans les lamelles de fer des armatures, ce que nous ne mettons nullement en doute; mais, par contre, il est impossible d'admettre que telle ait été la raison véritablement déterminante d'un pareil remaniement.

En effet, il est évident que si ce défaut eût été le seul, il eût

---

(1) Malgré le manque presque complet de renseignements, l'examen comparatif permet de calculer avec une approximation très suffisante, une limite de ce champ magnétique. La formule que j'ai établie prouve que, en adoptant les indices 1 et 2 pour désigner les deux Génératrices dans l'ordre des dates de leur construction, les deux champs de ces deux types de Génératrices H_2 et H_1 sont entre eux, toutes choses égales d'ailleurs, dans le rapport

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{\dfrac{1}{P_2 d_2}}{\dfrac{1}{P_1 d_1}} = \frac{P_1 d_1}{P_2 d_2}.$$

Nous pouvons dans cette expression, sans en changer la valeur, remplacer les surfaces polaires P par leur diamètre moyen D, puisque la hauteur est la même, et les entrefers d par les différences des diamètres extérieurs des anneaux c et f de cuivre et de fer et l'on a :

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{(c_1 + f_1)(c_1 - f_1)}{(c_2 + f_2)(c_2 - f_2)}.$$

Nous reportant aux valeurs précédemment données $c_1 = 1{,}386$; $f_1 = 1{,}310$; $c_2 = 0{,}778$ $f_2 = 0{,}676$; il vient $\frac{H_2}{H_1} = 1{,}382$, d'où $H_1 = \frac{H}{1{,}382}$: c'est-à-dire $H_1 = \frac{1912}{1{,}382}$ valeur forcée. La force magnétique dans la première Génératrice Gramme, construite par Fives-Lille sur les plans de M. Deprez, était donc probablement de seulement 1,000 unités et était certainement inférieure à 1384 unités. Ce calcul approximatif ne peut que nous donner des *valeurs supérieures à la réalité*, car il y a une seconde cause d'affaissement de H par insuffisance de conduction magnétique dans l'armature, comme la note (2) va le prouver.

été beaucoup meilleur et beaucoup plus rapide de corriger ces isolations défectueuses que de se lancer dans une toute différente construction qui devait, en outre, entraîner des risques d'excentration, avec une grande masse de fil de fer bien difficile à maintenir.

Ces excentrations se sont produites dans la Génératrice, après un court fonctionnement, comme il était facile de le prévoir.

Il existait donc nécessairement un vice beaucoup plus grave, un vice rédhibitoire dans la conception du plan des dynamos, nos calculs le déterminent, ils prouvent que le champ de la Génératrice de Fives-Lille était inférieur à 1384 unités, et probablement très inférieur à cause de ce fait aggravant d'une section magnétique d'armature complètement insuffisante.

Les calculs de la note (2) montrent que la section totale du fer conducteur du magnétisme des électros, à travers l'anneau induit, était dans cette première machine, $\frac{1}{3}$ de la section totale de noyau de l'électro.

Dans l'anneau à armature de fil de fer construit en second lieu par les Ateliers Bréguet, cette section a été portée de $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{2}$ valeur encore très insuffisante : les sections d'Edison dépassent $\frac{9}{10}$, et de bons types genre Gramme atteignent $\frac{4}{3}$, comme l'a remarqué M. Arnoux et comme le pratique M. Picou.

---

(2) Nous reportant aux chiffres du devis de Fives-Lille pour la section des 16 noyaux des 8 électros, 4 électros de chaque côté de chaque paire de balais, et aux chiffres publiés par l'auteur, nous voyons que le diamètre des noyaux est de 250 m/m, ce qui donne a a section une surface totale de $4 \frac{\pi \overline{250}^2}{4}$ ou 196349 millimètres carrés, et nous voyons que les deux anneaux de fer de la Génératrice de 1re et de 2e construction, auraient 504 m/m comme dimension parallèle à l'axe, mais 70 m/m comme épaisseur pour l'anneau de 1re construction, ce qui porte sa section à moins de 35280 millimètres carrés, et 104 millimètres comme épaisseur de l'anneau de fer de seconde construction, ce qui porte sa section à moins de 52416 millimètres carrés. Il faut doubler ces chiffres puisque l'anneau offre deux voies au magnétisme et l'on arrive à moins de 70560 millimètres carrés pour l'armature de 1re construction et moins de 104832 millimètres carrés pour l'armature de 2e construction, ces chiffres comparés aux 196349 millimètres carrés de la section conductrice du magnétisme du noyau total de l'électro, représentent les proportions 0,3595 et 0,5339, soit 1/3 et 1/2. Or, non seulement la proportion de 1/3, mais même celle de 1/2, de seconde construction, est absolument insuffisante, car théoriquement il y aurait intérêt à ce qu'elle fût la plus grande possible ; pratiquement dans les dynamos Edison, la proportion dépasse 9/10 et dans certaines dynamos très recommandables du type Pacinotti-Gramme, ce rapport atteint $\frac{4}{3}$.

Nous arrivons au vice magnétique du dispositif géométrique des deux anneaux sur le même arbre.

Ce vice de conception consiste en ce que l'auteur, sans y prendre garde, a doublé l'entrefer de ses dynamos par rapport aux types Gramme usuels.

Les schémas 1 et 2 permettent de s'en rendre compte.

Fig. 1.

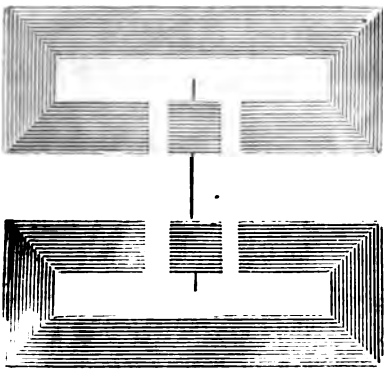
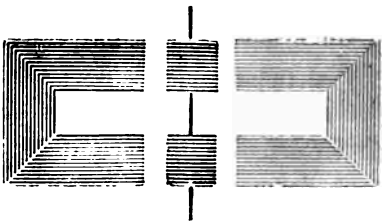


Fig. 2.



La disposition 1 est la simple juxtaposition de deux dynamos distinctes sur le même arbre, la disposition 2 est la représentation des deux mêmes anneaux sur le même arbre avec la modification nuisible dont l'effet est bien de doubler l'entrefer pour l'électro total, puisqu'il n'y a aucun lien de substance magnétique entre l'une et l'autre des deux armatures.

Considérons chacune des deux branches d'électro du schéma 2, supposons même nulles les résistances magnétiques des armatures et des secondes branches d'électro, il est certain que le circuit magnétique total, aussi bien que le circuit magnétique de chacune des deux branches d'électro, comporte 4 espaces d'entrefer, tandis que chacun des circuits du schéma 1 ne comporte que 2 entrefers.

La double dépense d'excitation, une sur chacune des deux branches, ne change pas ce fait incontestable; il peut même dans certains cas n'y avoir pas de désavantage bien sensible à remplacer la seconde branche d'électro par une simple pièce de fer doux lorsqu'on se trouve dans de bonnes conditions d'excitation et de constitution magnétique. Si l'on voulait représenter l'effet résultant

magnétique par une théorie tout à fait sommaire et élémentaire, on pourrait dire que l'intensité magnétique obéit à une sorte de loi de Ohm ou de Fourier, avec cette restriction que dans tout circuit il y a d'abord une limite à la force magnéto-motrice totale, et que, de plus, les forces magnéto-motrices composantes ne s'ajoutent généralement pas algébriquement; quant aux résistances magnétiques du circuit, il faudrait dire que si on représente par 1 une sorte de résistance magnétique spécifique moyenne du fer, la résistance magnétique de l'entre-fer (air et cuivre) doit être représentée par quelque chose comme 40000, et que ces résistances sont en outre fonction de la densité de flux de leur Milieu.

Un dispositif simple et convaincant dû à M. Arnoux montre que si l'on oppose une lame de fer doux à un aimant en fer à cheval, l'effort d'attraction est plus grand, avec une armature en fer disposée à petite distance d'entre-fer, ou au contact, qu'en remplaçant l'armature par un second aimant identique au premier, les pôles opposés en regard et aux mêmes distances d'entre-fer. J'en fais la théorie élémentaire : que la résistance magnétique de chacun des aimants en fer à cheval surpasse la résistance magnétique de l'armature, assez, pour qu'il y ait avantage, comme intensité du champ utilisable, à se priver de la force magnéto-motrice d'un des aimants à la condition de se débarrasser de la résistance magnétique de cet aimant.

Dans notre raisonnement sur le schéma 2, nous avons supposé nulle la résistance magnétique de l'armature; mais si la conduction livrée par l'armature est insuffisante, il intervient une nouvelle et importante aggravation de ce chef.

Les explications qui précèdent font comprendre comment l'auteur, après avoir largement dépensé du cuivre sur le circuit excitateur de l'électro, dans le but de moins dépenser d'Energie à même excitation, après avoir cependant dépensé une Energie excitatrice égale aux 18 0/0 de l'Energie de l'anneau, au lieu de 1 à 2 0/0, comme les dynamos d'Edison, n'arrive qu'à une faible intensité de champ, lorsque les machines Edison, en dépensant 18 fois moins d'Energie excitatrice, réalisent couramment des champs de 4 à 5000 unités, c'est-à-dire de 3 à 4 fois plus grands.

M. Deprez a récemment exposé dans une Revue scientifique : *La Lumière électrique*, les principes qui lui servent de guide dans

la construction des dynamos Gramme ; il apprend qu'il a fait des expériences directes qui lui ont permis de conclure la limite supérieure des champs magnétiques réalisables industriellement. Dans ce Recueil, p. 11, 3 octobre 1885, l'auteur s'exprime en ces termes : « On a donc $e = H$ et $e = fg$. Des mesures très précises » dans lesquelles je pesais l'effort f, m'ont donné, pour les champs » magnétiques puissants, la valeur $f = 0{,}025$ kilogr., il en ré- » sulte que H est toujours inférieur à $\frac{1}{4}$ »; or, de ces chiffres, il est facile de conclure que l'intensité du champ moyen était alors exactement 2452 unités.

Cette valeur 2452 unités CGS est donc pour l'auteur une limite supérieure de la densité de flux, et, cependant, au moment où M. Deprez publiait cette affirmation, de très nombreuses dynamos Edison fonctionnaient industriellement avec des intensités de flux magnétique de 5000 unités CGS, c'est-à-dire plus que doubles de cette prétendue limite 2452 unités CGS.

Il est curieux de constater que, jusqu'à ce jour, le *processus* magnétique des dynamos est si mal connu et si mal exposé, que personne n'avait encore signalé la faute de conception des machines à 2 anneaux. Au contraire, le dispositif a généralement été admiré, et M. Thompson, par exemple, dans l'ouvrage précité, fait ressortir l'importance du Progrès imprimé par M. Deprez aux machines Gramme, par l'introduction de cet accouplement.

Je pense que cet état peu avancé des esprits sous ce rapport, tient en partie à ce que les travaux des théoriciens ont été loin d'apporter aux Constructeurs des points d'appui efficaces. Pour un observateur ordinaire, la première impression est que ces travaux considèrent l'intensité du champ magnétique comme un peu tombée du ciel; il semblerait qu'elle doive être contemplée de loin avec respect, et que l'Ingénieur n'ait pas le droit d'imposer son action organisatrice à cet élément physique aussi bien qu'à tout autre.

Je n'entends nullement porter atteinte au mérite des recherches de Savants de la haute valeur des Thalen, Stoletow, Rowland, etc., mais je pense que cette critique appuyée d'un exemple, fait bien comprendre le point de vue que je veux mettre en lumière.

Grâce à M. Raynaud, Ingénieur des Télégraphes, et à son collaborateur, M. Seligmann-Lui, nous possédons une excellente traduction du Traité d'Electricité et de Magnétisme de Gordon.

L'édition française est précédée d'une Introduction très remarquable de M. Cornu; M. Raynaud n'a pas fait une simple traduction, il a enrichi l'Ouvrage anglais de nombreuses, savantes et importantes annotations personnelles.

M. Gordon, Préparateur et disciple de Maxwell, a cherché à présenter sous une forme suffisamment élémentaire les vues du Maître qui s'appuient sur cette conception fondamentale qu'il n'y a pas d'action à distance si ce n'est par transmission de proche en proche par l'intermédiaire du Milieu. Cette hypothèse est la seule qui, du reste, puisse réellement satisfaire notre esprit; elle était la base de l'Enseignement de Faraday et ne fait que résumer la Philosophie mécanique de Newton.

Dans cet Ouvrage, je vois que :

H étant la force magnétique, ce que j'appelle aussi l'intensité du champ ou la densité du flux, Υ l'intensité d'aimantation ou moment magnétique rapporté à l'unité de volume, $K = \frac{\Upsilon}{H}$ est le coefficient d'aimantation induite.

Comme Υ est le rapport du moment ml au volume ls, on aura pour un barreau de fer doux placé dans un champ H, $\frac{ml}{ls} = KH$ ce qui donne KHs pour valeur du magnétisme.

Sans doute, la valeur de K serait très intéressante et utile à connaître. Cette valeur de K n'est constante que pour les très petites valeurs de H et l'Ouvrage donne alors $K = 32$. Mais, ce que les Savants doivent comprendre et faire comprendre aux Constructeurs, c'est que les données relatives aux grandes valeurs de H doivent surtout et presque exclusivement les préoccuper. Au delà des faibles valeurs de H, K est une fonction de H et $K = f(H)$ est ce qu'on appelle la fonction magnétisante.

Revenant à ma critique sur laquelle je n'appuie que dans le but d'être plus clair, je dis : oui K est une fonction de H, mais H est aussi une fonction de K, et il est impossible de placer dans H une masse quelconque sans modifier H peu ou beaucoup.

Or, cette face de la Question est non moins intéressante et beaucoup plus utile au progrès de l'art de l'Ingénieur relatif aux dynamos.

C'est pour cette raison que j'ai pensé qu'il y avait lieu de faire l'étude de la dynamo basée sur la valeur de son champ et en même temps l'étude réciproque du champ déduit de l'influence des substances.

Voyons maintenant comment nous passerons de l'analyse à la synthèse.

Comment faut-il s'y prendre pour établir le plan d'une dynamo de toute puissance donnée, sous toute forme électrique donnée?

Mais avant de traiter cette Question, examinons dans la note (1) quel est son état actuel d'après l'Exposé de M. Deprez.

Il y a plusieurs années, dans ma première Communication à la Société des Ingénieurs Civils, j'ai signalé une erreur récente alors, j'aurai tout à l'heure, à signaler une nouvelle erreur récente aujourd'hui et tout à fait du même ordre, à propos de ce qui est présenté comme le *Calcul des dimensions d'une dynamo*. A cette époque, l'auteur, partant d'une machine Gramme donnée, remarquait qu'une dépense d'Énergie excitatrice réduite à 10 kilogrammètres par seconde produisait un magnétisme proportionnellement plus grand que les 100 kilogrammètres dépensés en réalité par l'excitation, il faisait son calcul avec une économie des neuf dixièmes de l'Energie excitatrice et arrivait à d'excellents résultats numériques, admettant implicitement que le champ magnétique de la même machine, lorsqu'on dépensait seulement 10 kilogrammètres d'excitation, avait conservé le même flux qu'en dépensant 100 kilogrammètres d'excitation.

Aujourd'hui, l'auteur dans le récent Exposé doctrinal précité, s'exprime en ces termes :

(La Lumière Electrique (p. 12) 3 Octobre 1885.)

« CHAPITRE II.

« CALCUL DES DIMENSIONS D'UNE MACHINE GÉNÉRATRICE.

« Supposons que l'on se propose de construire une machine capable de donner » 100 volts et 20 ampères à la vitesse de 15 mètres par seconde, partant des données » fournies par la machine Marcel Deprez des expériences de la Gare du Nord et de » Grenoble. . . . . tous les éléments, le diamètre du conducteur, le volume » du métal, la résistance et le rendement sont déterminés. »

Or, dans ce calcul très simple, l'auteur admet, comme autrefois que le champ est resté celui de la machine servant de base au calcul, mais il perd de vue qu'il n'y a plus aucune raison pour qu'il en soit ainsi, parce qu'il modifie toutes les dimensions y compris celles de l'entrefer et des électros.

En effet, il calcule la longueur du fil induit utile en partant de la vitesse et du champ admis, il calcule la section en partant de la densité du courant choisie; la longueur et la section étant déterminées, le volume induit utile est donc déterminé et la vitesse moyenne est déjà fixée.

Là s'arrête le *Calcul des dimensions d'une machine Génératrice*, cependant la machine est fort loin d'être déterminée, puisque presque rien n'est encore déterminé. Car il reste d'abord à fixer la dimension du diamètre moyen qui doit être animé de la vitesse linéaire prévue, et la répartition du volume induit autour de ce diamètre moyen, c'est-à-dire la proportion entre la longueur parallèlement à l'axe et l'épaisseur dans le sens du rayon. En outre, il reste à ne pas se tromper sur la section qu'il faut donner au fer de l'armature, côté de la Question fort important et non résolu, comme je l'ai montré, dans les machines Gramme établies par l'auteur.

Enfin et surtout, il ne faut pas oublier que l'anneau cuivre et fer n'est qu'une partie de la machine, la détermination correspondante des dimensions des électros et de leur excitation n'est pas moins nécessaire.

La seule base rationnelle nous paraît être l'unité électro. Nous étudierons donc d'abord empiriquement, expérimentalement, une seule paire de deux pôles consécutifs formant électro-aimant en fer à cheval ; suivant le type de machine que nous avons en vue, nous l'opposerons soit à un autre électro également excité, soit à une sorte de noyau d'électro sans excitation et alors de grande section et de faible longueur, ou nous l'opposerons à un élément d'armature genre Gramme ou Siemens. Dans chacun de ces cas l'entrefer (distance des pôles aux pôles opposés ou distance des pôles à l'armature), l'entrefer, dis-je, sera choisi aussi réduit que le permettent les exigences mécaniques réelles, et c'est dans ces conditions que nous mesurerons l'intensité du champ statique, sous une excitation convenable de l'électro. Cet ensemble étant supposé étudié, nous aurons un très puissant champ magnétique avec une dépense d'excitation modérée. C'est dire que, s'il s'agit d'un type ordinaire, Gramme par exemple, la voie magnétique sera largement suffisante dans la fraction d'armature. Cela fait, notre travail est pour ainsi dire terminé, nous sommes en mesure d'achever notre plan, quelle que soit la puissance de la dynamo dont nous ayons besoin, et remarquons que tout notre travail a été statique; nous n'avons eu à mettre en mouvement aucune partie de ce dispositif réduit à la plus simple expression, et une seule réalisation dynamique donnera le coefficient rigoureux.

Il est entendu que la surface polaire de chacun des deux pôles de cet électro-aimant en fer à cheval unité peut, avec certains avantages dont nous parlerons plus bas, être choisie d'autant plus grande que nous avons eu en vue une puissance totale plus élevée, quoique nous puissions établir d'excellentes machines de n'importe quelle puissance, avec un seul type d'électro unité.

L'unité électro étant choisie, nous connaissons les dimensions et excitation de l'électro unité, s'il y a lieu les dimensions du simple noyau en fer à cheval, par exemple, opposé à l'électro, l'intensité H du champ, sa surface polaire P, son entrefer d, et, si la

---

L'auteur ne fait pas connaître les règles suivies pour déterminer tous ces éléments indispensables.

D'ailleurs quelles qu'aient été ces règles, en fait elles n'ont pas permis de réaliser les effets qui avaient été prévus.

Nous disons page 110, quelle est, dans la donnée actuelle des machines, la méthode à suivre pour établir le plan d'une dynamo de puissance quelconque, sous une forme électrique quelconque.

machine le comporte, l'épaisseur *l* de l'armature de fer marchant avec le fil induit.

Conservant toutes ces données intégralement, nous constituons un pouvoir quelconque de transformation d'Energie en faisant varier : *a* le nombre des paires de polarité inductrices successives dans le sens du mouvement, c'est-à-dire dans le sens des déplacements relatifs de l'induit et de l'inducteur, *b* la hauteur de ces polarités dans le sens parallèle à l'axe.

Il y a deux pôles de même nom dans chaque largeur de polarité dans le sens du mouvement, et *n* électros unités dans le sens de l'axe, *n* est en rapport avec le diamètre de la machine, lequel diamètre dépend de la puissance totale de la dynamo.

La largeur de chaque paire de polarité, dans le sens du mouvement, comprend deux surfaces polaires P australes ou boréales appartenant à deux électros unités différents, c'est-à-dire que, dans le sens du mouvement chaque file circulaire d'électro-aimants unités orientés dans un plan perpendiculaire à l'axe, comprend tous ses électros unités ayant leurs pôles de mêmes noms voisins.

Dans toutes les files d'électro-aimants unités parallèles à l'axe, les électros aimants sont orientés parallèlement les uns aux autres, parallèlement au mouvement et tous les pôles de même nom sont également voisins.

En réalité l'ensemble de tous les électro-aimants unités employés à l'induction de la dynamo, comprend autant de polarités australes et de polarités boréales parallèles à l'axe qu'il y a d'électros successifs dans une file circulaire dans le sens du mouvement, et l'ensemble des files de pôles parallèles à l'axe, comprend successivement deux files australes, deux files boréales, deux files australes, et ainsi de suite.

On voit déjà que, s'il est désirable d'employer un type d'électro unité plus grand pour une très grande puissance totale que pour une très petite, afin de réaliser certaines commodités, par exemple certaines économies d'excitation et de surface spécifique non magnétique, ce n'est pas une nécessité absolue. Quel que soit le type d'électro unité, nous serons sûrs de multiplier en conservant le rendement et l'utilisation spécifique des matériaux de l'unité fondamentale.

Je donne page 112 (note 1) la description sommaire de mes

modes d'enroulement et d'organisation des collecteurs, qui rendent applicables à tous les cas les combinaisons des dispositifs multipolaires ci-dessus décrits, en permettant d'obtenir tous les groupements de série et de batterie des éléments induits, et toutes les dépendances ou indépendances, à tel point que, sur une même machine, des fractions arbitraires du dispositif peuvent travailler à des services distincts et même à des fonctions opposées, les unes génératrices, les autres réceptrices (1).

---

(1) Nous reportant aux définitions du Tableau de classification de la page 113, soit une machine quelconque du genre *a* ou *b*, du genre *a* par exemple, d'un type quelconque, soit à anneau, soit à tambour. Je constitue ainsi une machine M fois plus puissante : je suppose le tambour, par exemple, coupé suivant une génératrice, entre deux bobines induites consécutives, sans couper le fil induit, allongé s'il y a lieu pour se prêter à ce qui suit.

Le collecteur étant également coupé entre deux touches successives, j'ouvre tambour et collecteur à partir de leur coupure respective, de façon à leur donner la forme d'arcs de cercle d'un rayon de courbure M fois plus grand, les arcs qu'ils occupent alors étant de $\frac{1}{M}$ de circonférence, le collecteur entraînant ses deux balais en contact avec les touches qui leur correspondent avant l'ouverture, et chacune des touches entraînant ses électrodes de liaison aux bobines induites. Dans le tambour et dans le collecteur, je complète, à circonférence entière, ces deux arcs de $\frac{1}{M}$ en eur ajoutant respectivement M — 1 arc de $\frac{1}{M}$ de circonférence. Autour du tambour agrandi M fois, je dispose M paires de polarités magnétiques inductrices alternées, du même développement linéaire que dans la machine originaire. Dans ces conditions, l'unique enroulement induit, qui occupe $\frac{1}{M}$ de la circonférence du tambour, fonctionnera comme dans la machine où il occupait le même développement linéaire et une circonférence entière de rayon M fois plus petit, pourvu que, sur le nouveau collecteur M fois plus grand, les M — 1 arcs de $\frac{1}{M}$ de circonférence soient occupés chacun par un nombre de touches égal au nombre de touches du $\frac{1}{M}$ occupé par les touches du collecteur originaire ouvert, et pourvu que la touche N° 1 de ce $\frac{1}{M}$ soit reliée par un conducteur très peu résistant à toutes les touches N° 1 des M — 1 arcs successifs, que les M touches N° 2 soient reliées de même entre elles et qu'il en soit de même pour chaque groupe des M touches de même rang dans le collecteur.

Cela posé, il reste dépourvus d'enroulements, M — 1 arcs de $\frac{1}{M}$ de circonférence, et sur chacun de ces M — 1 emplacements, je place un enroulement induit de même développement linéaire qui peut être d'ailleurs distinct comme grosseur de fil, comme système d'enroulement et système de collecteur, d'inverseur ou de recueilleur. Ces divers appareils peuvent être à courants alternatifs ou continus, ils peuvent être absolument indépendants les uns des autres, comme service et comme temps de fonctionnement et aussi comme fonction, les uns pouvant fonctionner comme Générateurs les autres comme Récepteurs.

Lorsqu'il y a utilité à conjuguer en batterie deux de ces appareils enroulés de fil de même section, ces deux appareils fonctionnant synchroniquement et étant par la pensée, rigoureusement superposables comme enroulements, électrodes, inverseurs ou collecteurs et balais, je peux supprimer un des deux inverseurs collecteurs ou recueilleurs, en reliant dans le cas des inverseurs, les bouts du fil d'entrée et de sortie des deux bobines au même inverseur, et dans le cas des collecteurs, en reliant les jonctions successives des bobines au même collecteur, de sorte que les deux appareils travailleront en quantité avec une seule paire de balais, et chaque paire de bobines

Il est permis d'affirmer en toute sécurité, que cette méthode d'établir le plan d'une dynamo de puissance quelconque n'expose à aucune incertitude, aucun aléa ne peut plus subsister, tandis que le maximum d'intensité du champ magnétique, de rendement et d'utilisation spécifique des matériaux reste toujours assuré.

Classification des appareils électriques d'induction magnétique.

- **Appareils électriques d'induction magnétique.**
  - **A déplacements relatifs des champs magnétiques inducteurs et des conducteurs induits.**
    - **A mouvement continu de rotation.**
      - *a* — Machines dites à courant continu ou à courants élémentaires induits redressés dans le circuit extérieur, au moment de leur changement de sens, par des appareils commutateurs tels que : inverseurs, recueilleurs ou collecteurs.
      - *b* — Machines dites à courants alternatifs, c'est-à-dire sans commutateurs ou collecteurs ou redresseurs.
      - *c* — Machines dites unipolaires, les rotations continues maintenant les mêmes éléments induits dans les mêmes polarités inductrices.
    - **A mouvements alternatifs, les éléments induits se déplaçant par mouvement de va-et-vient dans leurs champs magnétiques restant respectivement les mêmes.**
      - *d* — Machines à courants élémentaires ramenés au même sens dans le circuit extérieur.
      - *f* — Machines à courants élémentaires, laissés alternatifs dans le circuit extérieur.
  - **Sans déplacements relatifs des champs magnétiques inducteurs et des conducteurs induits.**
    - **Par variation de l'intensité du champ magnétique inducteur.**
      - *g* — Appareils dits Générateurs ou Transformateurs secondaires.

élémentaires (une de chaque appareil) travaillant ainsi en quantité, est donc reliée à deux touches de l'inverseur ou du collecteur par 4 liaisons, 2 liaisons par touche. En détachant de chacune de ces touches une de ces deux liaisons, de façon que l'une des deux touches reste reliée à l'une des 2 bobines et l'autre touche à l'autre bobine, et en liant entre eux les deux bouts détachés, rien ne sera changé si ce n'est que les 2 appareils, au lieu de travailler en quantité, travailleront en tension tous deux comme Générateurs ou comme Récepteurs. Je peux également conjuguer ainsi en batterie ou en série de batteries un nombre quelconque des appareils distincts qui perdront ainsi leur indépendance individuelle au prix de l'économie correspondante des inverseurs collecteurs ou recueilleurs et des paires de balais.

Avec les enroulements embrassant l'armature intérieurement et extérieurement comme dans les machines du genre Pacinotti-Gramme, le système d'enroulement est

Je dirai plus bas comment j'arrive à utiliser également les dynamos à courants alternatifs pour le Transport de puissance mécanique. Il y a donc lieu de parler ici de ces appareils.

Les principes généraux qui régissent les machines dites à courant continu, s'appliquent aux machines à courants alternatifs. Le Tableau, page 113, de classification des appareils électriques d'induction magnétique montre quel est leur degré de parenté.

Toutes ces machines non unipolaires sont, au fond, des machines à courants alternatifs, seulement les à-coups électro-magnétiques sont généralement plus accentués dans les dynamos construites pour recueillir des courants alternatifs.

Les machines à courants alternatifs à aimants inducteurs ont été étudiées en 1857 par M. Leroux. L'auteur est arrivé à cette conclusion que le courant ne suit à peu près la loi de Ohm que pour des résistances extérieures 40 à 50 fois supérieures à la résistance intérieure.

En 1869, Jamin et Roger reprirent l'étude au calorimètre sans redresser les courants, ils sont arrivés aux formules approxi-

---

évident, avec les enroulements d'un seul côté de l'armature ou sans armature il est loin d'en être de même et voici le mode tout à fait général que j'emploie pour l'enroulement et les connexions au collecteur de mes machines multiples à inducteurs communs : chaque $\frac{1}{M}$ de tambour étant divisé en 2 N parties égales, je numérote ces parties de 1 à 2 N dans l'ordre naturel, les seules conditions numériques à remplir sont que la valeur de N (nombre entier) soit choisie telle que N — 1 ne soit pas divisible par 2 et que 2 N ne soit pas divisible par N — 1 ; je peux donc employer tous les nombres entiers pairs supérieurs à N = 3. Les 2 N espaces égaux étant numérotés dans l'ordre naturel 1, 2, 3,.. 2N, j'appelle espaces symétriques, les espaces dont la différence des numéros est égale à N, ainsi, si 2 N = 92, on a N = 46 et les espaces symétriques sont les espaces 1 et 47, 2 et 48, 3 et 49, ... 46 et 92 j'appelle couple d'espaces symétriques chacun de ces ensembles 1 et 47, 2 et 48, 3 et 49. . . . . 46 et 92. J'établis les enroulements de mes 2 N bobines sur les N couples, à raison de 2 bobines égales pour chaque couple. Les 4 bouts du fil de ces 2 bobines aboutissent, dans un ordre quelconque, aux 4 extrémités de 2 génératrices symétriques prises sur les deux espaces symétriques du couple, de telle sorte, par exemple, que les deux bouts du fil de l'une des bobines aboutissent aux 2 extrémités d'une de ces génératrices et que les deux bouts du fil de la seconde bobine aboutissent aux 2 extrémités de l'autre génératrice. Pour éviter une périphrase, j'appelle alors *génératrice* l'ensemble de ces 2 bouts du fil aboutissant aux 2 extrémités de la génératrice géométrique, bouts qui sont dirigés vers l'extérieur dans 2 sens opposés l'un à l'autre, comme seraient dirigés les 2 bouts d'un fil unique réduit à la simple longueur de cette génératrice; je distingue l'extrémité d'une génératrice de l'extrémité opposée, en qualifiant de *haut* le côté qui regarde le collecteur et de *bas* le côté opposé au collecteur. J'effectue dans le haut et dans le bas, d'après la formule suivante, les jonctions des génératrices deux à deux. Soit une génératrice de numéro quelconque n, si n est impair, le haut de la génératrice n° n est joint avec le haut de la génératrice n° $n + (N - 1)$, et le bas de cette même génératrice n° n est joint avec le bas de la génératrice n° $n + (N + 1)$. Si n est pair, le haut de la génératrice n° n est joint avec le haut de la génératrice n° $n + (N + 1)$ et le bas de cette même génératrice n° n est joint avec le bas de la génératrice n° $n + (N - 1)$. La formule suivante règle les connexions avec le collecteur de N touches : la touche de numéro quelconque m (compris de 1 à N) est liée à la jonction du haut reliant les

matives suivantes dans lesquelles A et r ne sont pas la force électromotrice et la résistance intérieure, mais seulement des quantités de même nature.

Courant $$i = \frac{A}{r + x};$$

Chaleur $$c = \frac{A^2}{r + x}.$$

génératrices des numéros $m + (N - 1)$ et $N + 2(m - 1)$. Les Tableaux numériques suivants traduisent les formules par $N = 46$.

ROLE DE JONCTION DES GÉNÉRATRICES ENTRE ELLES
POUR 2 N = 92

JONCTIONS DU HAUT		JONCTIONS DU BAS		OBSERVATIONS
GÉNÉRATRICE numéro	avec GÉNÉRATRICE numéro	GÉNÉRATRICE numéro	avec GÉNÉRATRICE numéro	
1	46	1	48	La jonction du haut 1 avec 46 ou d'une façon générale 1 avec 1 + (N — 1) ferait double emploi avec la jonction du haut 46 avec 1, c'est-à-dire N avec N + (N + 1). Cette dernière ne doit donc pas être portée sur le Tableau, et, d'autre part, il faut porter la jonction du haut 47 avec 92, ou, d'une façon générale, N + 1 avec N + 1 + (N—1) ou N + 1 avec 2 N, jonction qui échapperait à notre nomenclature parce que, parmi les 92 ou 2 N jonctions haut et bas, c'est la seule jonction qui n'aboutisse pas à l'une des génératrices des 46 ou N premiers numéros.
2	49	2	47	
3	48	3	50	
4	51	4	49	
5	50	5	52	
6	53	6	51	
7	52	7	54	
8	55	8	53	
9	54	9	56	
10	57	10	55	
11	56	11	57	
12	59	12	58	
13	58	13	60	
14	61	14	59	
15	60	15	62	
16	63	16	61	
17	62	17	64	
18	65	18	63	
19	64	19	66	
20	67	20	65	
21	66	21	68	
22	69	22	67	
23	68	23	70	
24	71	24	69	
25	70	25	72	
26	73	26	71	
27	72	27	74	
28	75	28	73	
29	74	29	76	
30	77	30	75	
31	76	31	78	
32	79	32	77	
33	78	33	80	
34	81	34	79	
35	80	35	82	
36	83	36	81	
37	82	37	84	
38	85	38	83	
39	84	39	86	
40	87	40	85	
41	86	41	88	
42	89	42	87	
43	88	43	90	
44	91	44	89	
45	90	45	92	
47	92	46	91	

M. Mascart, tome VI du *Journal de Physique*, a été conduit théoriquement à la formule analogue $i = \frac{A\,n}{R + n\,B}$, dans laquelle la résistance fictive r, au lieu d'être une constante, est une fonction de la vitesse.

L'année dernière 1885, M. Félix Lucas, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a publié un travail très complet et du plus

ROLE DE LIAISON DES TOUCHES SUCCESSIVES DU COLLECTEUR
AVEC LES JONCTIONS DU HAUT DES GÉNÉRATRICES, POUR 2 N = 92

LA TOUCHE DU COLLECTEUR NUMÉROTÉE	avec	LA JONCTION DES GÉNÉRATRICES NUMÉROTÉES
1		1 et 46
2		3 et 48
3		5 et 50
4		7 et 52
5		9 et 54
6		11 et 56
7		13 et 58
8		15 et 60
9		17 et 62
10		19 et 64
11		21 et 66
12		23 et 68
13		25 et 70
14		27 et 72
15		29 et 74
16		31 et 76
17		33 et 78
18		35 et 80
19		37 et 82
20		39 et 84
21		41 et 86
22		43 et 88
23		45 et 90
24		47 et 92
25		2 et 49
26		4 et 51
27		6 et 53
28		8 et 55
29		10 et 57
30		12 et 59
31		14 et 61
32		16 et 63
33		18 et 65
34		20 et 67
35		22 et 69
36		24 et 71
37		26 et 73
38		28 et 75
39		30 et 77
40		32 et 79
41		34 et 81
42		36 et 83
43		38 et 85
44		40 et 87
45		42 et 89
46		44 et 91

grand intérêt pour l'application rationnelle des machines de Méritens au Service des Phares.

De nombreuses séries de mesures du courant moyen, tel que le donne l'électro-dynanomètre, l'ont conduit à la relation (1).

En 1881, M. Joubert, Secrétaire général de la Société de Physique, a publié un travail très intéressant de recherches expérimentales et théoriques sur le type des machines Siemens à bobines induites sans noyaux de fer, machines employées à alimenter les bougies de la Compagnie Jablochkoff dont il était alors Ingénieur-Conseil (2).

---

(1) $$[\mu (a_1 + \alpha_1 n) - \frac{\mu}{\nu} (b_1 + \beta_1 n) \mathrm{I}] \mathrm{I} = 75\, g\, \mathrm{T}$$

étant donné la concordance constante de toutes les vérifications numériques, cette formule, d'origine empirique, doit certainement avoir un rapport direct avec les lois physiques qui interviennent, puisque, dans toute l'étendue des variations réalisables, la relation s'est trouvée constamment satisfaite.

a, α_1 sont des coefficients forces électromotrices.

b, β_1 des coefficients résistances.

μ, ν les nombres de bobines en tension et quantité.

Désignant par R et r_1 la résistance extérieure et la résistance d'une bobine, par T le travail; on a nécessairement :

$$(\mathrm{R} + \frac{\mu}{\nu} r_1) \mathrm{I}^2 = 75\, g\, \mathrm{T};$$

de sorte qu'avec les machines de Méritens, ces deux équations renferment les lois complètes du fonctionnement.

Il serait intéressant d'appliquer à ces mêmes machines les méthodes spéciales de détermination des éléments dont nous parlerons tout à l'heure.

On voit déjà que dans la première formule le multiplicateur de I doit être :

$$\frac{1}{\theta} \int_o^\theta (\mathrm{E}^2\, dt)^{\frac{1}{2}}$$

θ durée d'une demi-période, puisque I, par l'emploi même de l'électro-dynamomètre, est

$$\frac{1}{\theta} \int_o^\theta (\mathrm{I}^2\, dt)^{\frac{1}{2}}$$

---

(2) Après avoir représenté le fonctionnement moyen par la formule empirique :

$$\mathrm{I} = \frac{e}{(a^2 + \mathrm{R}^2)^{\frac{1}{2}}}$$

Les I mesurés à l'électromètre de sir William Thomson;

e constante force électromotrice;

a constante résistance;

R résistance totale statique.

M. Joubert cherche ensuite à retomber théoriquement sur la formule établie empiriquement.

La base de sa synthèse théorique est que le champ magnétique des électros inducteurs reste invariable pendant la marche, et que les seuls éléments variables intervenant sont à chaque instant : la force électromotrice E développée dans les bobines induites traversant les champs magnétiques d'intensités invariables, et la force électromotrice de self-induction $\mathrm{U} \frac{di}{dt}$ développée dans l'ensemble des bobines induites de coefficient d'auto-

Il semble donc à première vue d'après la note (2) que cet important travail de M. Joubert apporte la satisfaction scientifique la plus complète, puisque la théorie vient confirmer l'expérience, ce qui paraît être à la fois une vérification de l'exactitude des mesures expérimentales et de la justesse rigoureuse de la théorie.

Jusqu'à présent, en effet, ce travail a toujours été cité comme

---

induction U ; il intègre alors l'équation linéaire du premier ordre $\frac{di}{dt} + a\,i = b$, équation tirée de la relation $E = i\,R + U\,\frac{di}{dt}$,

en posant :

$$a = \frac{R}{U},\ b = \frac{E}{U};$$

il arrive à :

$$i = e^{-\int a\,dt}\,(\int b\,e^{-\int a\,dt}\,dt + C).$$

Les mesures en circuit induit ouvert lui ont donné expérimentalement :

$$E = E_0 \text{ Sin. } 2\pi\,\frac{t}{T} = E_0 \text{ Sin. } m\,t;$$

T durée de la période entière, t temps de l'instant considéré compté à partir de l'origine de la période, E_0 force électromotrice maximum.

Posant auxiliairement :

$$\text{Tang } 2\pi\varphi = \frac{m}{a} = \frac{2\pi U}{R\,T}.$$

il arrive à :

$$i = \frac{E_0}{U}\,\frac{a}{a^2 + m^2}\,\frac{\text{Sin. } (m\,t - 2\pi\varphi)}{\text{Cos. } 2\pi\varphi} + C_1\,\frac{E_0}{U}\,e^{-at}.$$

L'auteur dit alors :

« Si nous choisissons l'Origine du temps de manière que $i = o$ pour $t = \varphi\,T$, la » constante C_1 sera nulle et $\varphi\,T$ exprimera le temps qui s'écoule entre le moment où la » force électromotrice E est nulle et celui où le courant change de signe ; sous cette » condition, l'équation devient :

$$\text{» } \qquad i = \frac{E_0}{U}\,\frac{\text{Sin. } (m\,t - 2\pi\varphi)}{a^2 + m^2} \qquad \text{» } (3)$$

Il ne reste plus alors qu'à remplacer a et m par leurs valeurs respectives, à prendre pour Origine des temps l'instant de courant nul en remplaçant t par $t + \varphi\,T$, et à intégrer une demi-période, c'est-à-dire :

$$\frac{2}{T}\int_0^{\frac{T}{2}} [i^2\,dt]^{\frac{1}{2}},$$

pour avoir la valeur de courant devant correspondre à l'indication de l'électromètre Thomson et retomber sur l'expression

$$\frac{\frac{E_0}{\sqrt{2}}}{\left[\frac{4\pi^2 U^2}{T^2}\right]^{\frac{1}{2}}}$$

un modèle en l'espèce, il a été reproduit dans l'ouvrage de M. Mascart et dans celui de M. S. Thompson.

Cependant nous allons voir que la partie théorique repose sur une base inexacte et inacceptable.

Nous nous sommes arrêté sur cet exemple pour montrer combien est complexe la théorie vraie du fonctionnement des dynamos à courants alternatifs, et combien il faut être prudent dans les conclusions même *a posteriori*.

Il y a dans le travail théorique de M. Joubert :

1° Une erreur d'hypothèse,

2° Une mauvaise interprétation algébrique.

Même si son champ magnétique était invariable (il ne l'est pas) la formule (β) ne serait pas exacte, la mauvaise interprétation algébrique ne peut s'expliquer que par la distraction assez fréquente à laquelle on est exposé à la suite d'un calcul qui semble donner satisfaction à ce que l'on avait prévu. M. Joubert a cédé à la tentation de ce qu'on pourrait appeler, en langage familier, le coup de pouce involontaire ; car, en relisant, une fois prévenu, la conclusion citée *in extenso*, on voit bien qu'en changeant d'une façon quelconque l'Origine sur l'axe des temps, on est mathématiquement impuissant à annuler C_1, Si C_1, n'est pas nul pour toutes les Origines de temps possibles.

La seule conclusion légitime c'est que la périodicité étant certaine de fait, il faut nécessairement que dans la valeur de i, quelle qu'elle soit, il ne reste pas de terme exponentiel non négligeable. Si nous connaissions la valeur de C_1 avec une approximation quelconque, nous pourrions en outre dire que pour toute valeur finie de C_1 même très grande, le terme exponentiel serait négligeable, puisque ce terme exponentiel est

$$\frac{C_1 E_0}{U} \frac{1}{e^{\frac{R}{U}t}}$$

et que par les conditions dans lesquelles était placé M. Joubert $R = 10$, $U = 0{,}1$, le facteur $\frac{1}{e^{\frac{R}{U}t}}$ devient $\frac{1}{2{,}718^{100\,t}}$, il est donc si petit, que même après une seule seconde de fermeture du circuit il rendrait le terme exponentiel négligeable.

La vérité algébrique serait alors que C_1 n'étant pas nul, mais

n'étant pas infini, la courbe réelle de i se composerait de la somme de deux courbes ; l'une, celle du premier terme périodique, et la seconde, celle du terme exponentiel, se confondrait presque aussitôt et définitivement avec l'axe des temps, elle serait donc pratiquement comme si elle n'existait pas.

Mais de ce que la valeur du courant se réduit en fait à une expression périodique, il ne faudrait pas conclure que la formule simple, à laquelle arrive M. Joubert, puisse être cette expression périodique.

D'abord au lieu d'être invariable, comme le supposait l'auteur, le champ magnétique était périodiquement variable, et c'est pour cela que la mesure directe, ainsi qu'il l'a remarqué avec étonnement, a pu lui donner une ordonnée maximum plus près de l'ordonnée nulle suivante que de l'ordonnée nulle précédente.

Le champ variait périodiquement parce que son intensité moyenne était très faible, 370 unités C G S, et parce que sa distance d'entre-fer était relativement grande. Il en résultait que les lignes de force étaient très sensiblement déviées par le courant établi périodiquement ; cette déviation avait lieu dans le sens du mouvement, ce qui retardait l'instant du courant maximum.

Ainsi pour cette réalité expérimentale, la courbe des intensités n'était pas une courbe symétrique à l'ordonnée maximum dans la demi-période ; mais, il y a plus, la sinusoïde de M. Joubert ne serait pas la représentation des faits, même si le champ magnétique était supposé rendu rigoureusement invariable, ainsi que nous le constaterons tout à l'heure.

Cependant comme la périodicité doit exister néanmoins, on serait conduit généralement à une équation, série convergente de la forme générale.

$$y = A_0 + A_1 \cos. x + B_1 \sin. x + A_2 \cos. 2x + B_2 \sin. 2x + \ldots..$$

et alors on serait en droit d'affirmer que la constante C_1 n'a pas une valeur finie, si les autres hypothèses étaient exactes. M. Joubert avait cru pouvoir conclure que son champ magnétique ne variait pas pendant la marche, parce qu'il n'avait pas remarqué de variation dans l'indication d'un galvanomètre placé dans le circuit excitateur, soit qu'il fermât ou qu'il ouvrît le circuit induit ;

nous verrons que cette déduction est très loin d'être rigoureuse, nous traitons ce point avec exemple à l'appui dans la note (1).

Mon opinion motivée est que dans les dynamos à courants alternatifs, il est également d'une importance capitale de donner au champ magnétique une très grande intensité; ce desideratum s'impose plus impérieusement encore pour cette classe d'appareils, parce que, toutes choses égales d'ailleurs, la force électromotrice de self-induction a d'autant moins d'importance relative que le champ inducteur est plus intense.

Supposons que M. Joubert ait pris ses mesures sur une dynamo à très faible entre-fer et très puissant champ magnétique, l'effet de self-induction n'aurait pas moins subsisté, et par suite, les points du courant nul n'en auraient pas moins été déplacés dans le sens du mouvement; mais les lignes de force n'étant pas déviées même par le courant maximum, le point de courant maximum aurait coïncidé avec le point de force électromotrice maximum due au champ inducteur, et, par suite, l'observateur aurait cons-

---

(1) Pour que le galvanomètre de M. Joubert reste stationnaire, en admettant sa sensibilité, il suffirait d'admettre que $\int_o^\theta \pm \Delta i\, dt$ fût égal à zéro, θ étant la demi-période, i le courant excitateur et $\pm \Delta i$ la modification du courant inducteur i à chaque dt du fait de réactions attribuables à la circulation alternative induite. Mais cela ne prouverait nullement qu'il n'y a pas oscillation périodique de la valeur du champ magnétique.

D'ailleurs, voici des chiffres authentiques, observés par M. Arnoux, précisément sur une machine du même type à courants alternatifs de Siemens, qui prouvent que le résultat peut être tout différent de ce qu'a observé M. Joubert. Nous allons énoncer les données de cette observation et nous les analyserons ensuite : Deux galvanomètres, l'un de Ayrton et Perry, l'autre un électro-dynamomètre Siémens, sont en tension sur le courant d'excitation, ces deux appareils tarés comparativement indiquent simultanément 18,5 ampères, la machine en marche et le circuit alternatif ouvert; mais, ils marquent, le premier 18,2. le second 20,35 l'induit fermé en court circuit.

Je pense que ces effets doivent s'expliquer ainsi qu'il suit: Par construction le premier galvanomètre marque $\frac{1}{\theta}\int_o^\theta i\, dt$, et le second $\frac{1}{\theta}\int_o^\theta [i^2 dt]^{\frac{1}{2}}$. En circuit induit fermé, le galvanomètre Ayrton et Perry marque moins qu'en circuit induit ouvert parce que $\int_o^\theta \pm \Delta i dt$ est négatif, il suffit pour qu'il en soit ainsi, que l'effet d'accroissement du magnétisme, que nous avons signalé et prouvé, ait lieu graduellement pendant la majeure partie de la demi-période, car alors le magnétisme devra induire dans le circuit excitateur, un courant de sens contraire au courant excitateur, tandis que la pulsation d'affaissement du magnétisme, correspondant à une durée trop courte, ne peut affecter autant le galvanomètre qui traduit la moyenne des influences de la première puissance de Δi.

Quant à l'électro-dynamomètre Siémens, il marque plus qu'en circuit induit ouvert parce que, toutes choses égales d'ailleurs,

$$\int [(\pm \Delta i)^2\, dt + 2i\,(\pm \Delta i)\, dt]$$

doit être généralement plus grand que zéro,

taté que l'ordonnée maximum était au contraire plus rapprochée de l'ordonnée nulle précédente que l'ordonnée nulle suivante, la sinusoïde ne serait donc pas admissible même avec un champ magnétique invariable, rien que du fait des réactions de self-induction.

Les effets de self-induction interviennent dans les dynamos à courant continu et dans les dynamos à courants alternatifs, mais avec cette différence que, dans les courants alternatifs, il n'y a jamais fermeture de circuits distincts hors du circuit général, il ne peut donc y avoir, de ce seul chef, aucune perte d'Energie, par conséquent aucune perte de rendement, mais il peut y avoir perte importante d'utilisation spécifique des matériaux, puisqu'il peut y avoir abaissement du courant moyen, de ce chef, toutes choses égales d'ailleurs.

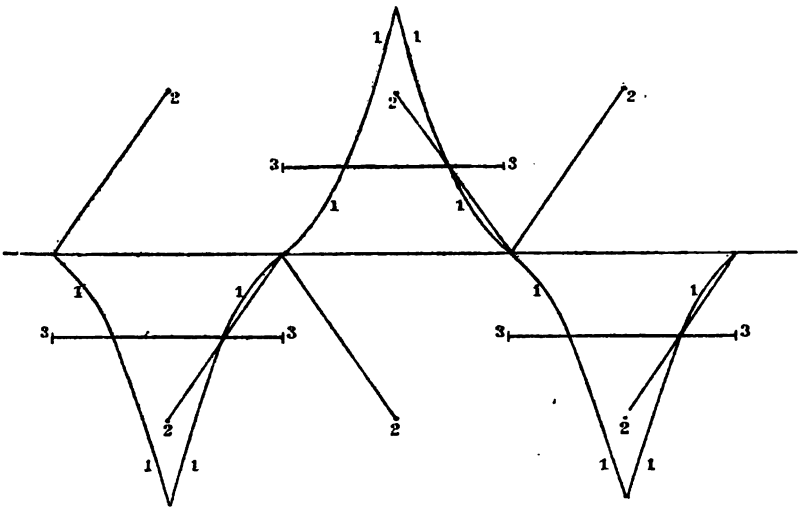
Je ne pense pas, du reste, que les réactions intervenant dans le fonctionnement des dynamos à courants alternatifs, se bornent aux effets de self-induction; par exemple, les effets électro-statiques doivent se produire et doivent augmenter avec la finesse du fil induit et la tension d'émission.

Les effets d'accroissement de la résistance spécifique du cuivre doivent croître également avec la longueur du fil induit.

Je crois avoir donné assez de raisons pour justifier la conclusion à laquelle je suis arrivé, cette conclusion est que les courants alternatifs doivent être étudiés directement et non pas seulement par les effets moyens résultants, par l'intégration expérimentale portant sur la période (1); il faut, avant d'avoir la prétention de poser des bases théoriques, il est indispensable de disséquer numériquement chaque élément à chaque *dt* et point par point, c'est ce que j'ai l'intention de faire ultérieurement en collaboration avec M. Arnoux, selon un programme qui comporte

(1) Avec les champs puissants et les faibles entrefers, le courant induit est sans influence appréciable sur le champ inducteur, et la force électro-motrice due au champ inducteur est la même au même temps de la période en circuit induit ouvert ou fermé. S'il en est ainsi on peut constater que l'instant du courant maximum est l'instant de la force électromotrice maximum; quand il y a discordance, la différence est une mesure de la réaction du champ induit sur le champ inducteur. Le courant maximum a lieu au moment du maximum de variation instantanée du flux même lorsque l'ensemble des lignes de force est entrainé dans le sens du mouvement. Au moment de courant nul on a $E = e = U \frac{di}{dt}$: la force électro-motrice de self-induction est égale à la force électromotrice d'induction, les variations instantanées des deux flux sont égales et de sens opposés.

l'emploi d'intéressants et délicats dispositifs d'analyse expérimentale rappelant les méthodes et les procédés qui m'ont permis de discerner et d'isoler les diverses réactions secondaires des dynamos à courant continu. Cette étude comprendra aussi les Transformateurs secondaires.



A titre de considération générale sur le fonctionnement des Transformateurs secondaires construits avec assez de fer pour que

---

Un dispositif à calage variable donnera, pour l'origine de chaque durée Δt de la période T divisée en un nombre convenable de Δt, les ordonnées des courbes $E = f_1\left(\frac{t}{T}\right)$

$$i = f_2\left(\frac{t}{T}\right),\ e = E - (r + \rho)\, i \text{ ou } e \doteq E - \varepsilon - ri = f_3\left(\frac{t}{T}\right)$$

et

$$U = e\frac{dt}{di} = \frac{e}{\operatorname{tg} f_2\left(\frac{t}{T}\right)}.$$

Les déterminations précédentes permettront de tracer les courbes $ri^2 = f_4\left(\frac{t}{T}\right)$, $Ei = f_5\left(\frac{t}{T}\right)$. Alors, l'emploi des moyens mécaniques usuels d'intégration, fournira immédiatement $\frac{1}{T}\int_0^T i^2 r dt$ puissance calorique consommée sur la résistance intérieure de la bobine et $\frac{1}{T}\int_0^T Ei dt$ puissance totale de la bobine.

Je fais remarquer qu'en procédant ainsi je suis à l'abri des erreurs souvent grossières qui ont été commises par des expérimentateurs qui cherchaient à être précis et sommaient séparément avec des instruments tels que des électro-dynamomètres destinés à donner chacun l'indication de la racine de la moyenne des carrés d'une

le flux total soit proportionnel à l'excitation, la figure ci-dessus représente trois fonctions du temps intégrales successives l'une de l'autre. Etant donc donné que la force électromotrice du circuit secondaire est proportionnelle à la dérivée du courant primaire, un courant primaire variant comme l'indiquent les branches de parabole 1, 1, engendrerait dans le circuit secondaire une force électromotrice dont la fonction du temps serait conforme aux lignes droites brisées successives 2, 2. un courant primaire variant proportionnellement aux ordonnées de ces lignes brisées 2, 2, engendrerait dans le circuit secondaire une force électromotrice constante dont la fonction du temps serait alors la série de lignes droites 3, 3, parallèles à l'axe des temps.

Distribution de l'Énergie.

Il y a lieu, je pense, de [rapporter la Distribution aux trois coordonnées : Espace, Nombre-grandeur, Forme.

Espace, c'est-à-dire unité ou pluralité du lieu de distribution.

Nombre-Grandeur, c'est-à-dire fixité ou variabilité du nombre des Récepteurs et de leur puissance.

---

différence de potentiel et d'un courant, mais inaptes à tenir compte de la concordance ou de la discordance des temps correspondant aux diverses valeurs dont elles marquent la moyenne.

Pour pousser la démonstration à l'extrême et faire ressortir les inconvénients du procédé, supposons que nous fermions un circuit électromoteur sur deux points appartenant à un système électrique, et que nous voulions estimer la quantité d'Energie livrée au système par le circuit électromoteur; supposons qu'en réalité la différence de potentiel entre les deux points et le courant aient aux mêmes *dt* successifs de la période les valeurs $e, o, -e, o, e, o \ldots\ldots$ et $o, i, o, -i, o, i \ldots\ldots\ldots$, le travail de cette différence de potentiel serait à coup sûr nul pendant toute la période, cependant les indications déduites des électro-dynanomètres étant respectivement $\frac{e}{\sqrt{2}}, \frac{i}{\sqrt{2}}$ on conclurait des lectures instrumentales que le travail de la différence de potentiel est par seconde $\frac{ei}{2}$.

Le cas où le champ n'est pas déformé est le plus intéressant en ce sens que les bonnes dynamos à courants alternatifs doivent être établies dans ces conditions. S'il y a modification, en marche, des valeurs statiques du champ magnétique et de la résistance électrique, on est conduit à l'emploi de dispositifs spéciaux, tels que bobines induites supplémentaires, pouvant être déplacées à volonté dans leur plan. Avec une bobine dont l'enroulement est constitué par un double fil on peut mesurer, en circuit ouvert, E pendant qu'on mesure $\varepsilon = E - e$ avec le second fil identique dans lequel circule le courant induit réel qui déforme le champ, on a donc E, e, i et par suite $r = (\varepsilon - E \pm e)\frac{1}{i}$. Les mêmes genres de méthodes s'appliquent à l'étude des éléments des Transformateurs secondaires.

Forme, c'est-à-dire unité de la forme ou diversité des formes en lesquelles l'Energie électrique peut être transformée.

D'une façon générale les divers Récepteurs d'Energie, qu'ils soient voisins ou éloignés les uns des autres, peuvent être alimentés d'Électricité en série ou en batterie, c'est-à-dire que les Récepteurs peuvent être placés en série ou tension, à la suite les uns des autres sur la même circulation, sur le même courant, comme sont placées des roues hydrauliques établies sur un canal, successivement en aval les unes des autres; ou bien ces Récepteurs peuvent être branchés en batterie, ou quantité ou dérivation, sur un même Canal ou Ligne comme sont branchées sur une même conduite d'eau ou de gaz, les diverses prises locales d'une Distribution d'eau ou de gaz.

En principe, il parait indifférent que les Récepteurs soient en série ou en dérivation ; l'alimentation dérivée se présente d'abord à l'esprit par analogie avec les distributions d'eau et de gaz.

Ce rapprochement est superficiel : ces conduites transportent, sous le mode actuel, de l'Energie différée ; un robinet d'eau ou de gaz absorbe bien une partie de la charge mécanique de ce Transport (mode actuel), mais le barrage plus ou moins accentué de ce robinet n'entraîne aucun sacrifice de l'Energie différée (eau ou gaz), de la chose transportée. Pour nous qui transportons du mode actuel, un barrage régulateur obtenu par une résistance électrique, serait une perte de la chose transportée, ce serait comme si, pour l'eau et le gaz, on réglait le débit utile en écoulant le surplus inutilisé à l'égout ou à l'atmosphère.

Quelque prodigue que paraisse ce procédé, il faut pourtant se rappeler avec modestie qu'il a été employé tout d'abord, et l'on trouverait encore des exemples d'installation de lumière électrique, où une lampe éteinte est remplacée par une résistance équivalente, supprimant ainsi la lumière sans diminuer la dépense d'Energie.

Avec l'unité d'Espace et la fixité du Nombre-grandeur, il n'y a évidemment aucune difficulté, que les Récepteurs soient identiques ou différents les uns des autres, que l'alimentation soit organisée en série ou en dérivation.

Mais avec la pluralité d'Espace, aussitôt interviennent d'importantes restrictions même avec fixité du Nombre-grandeur.

Pour fixer les idées sur ce point et le rendre très clair, prenons le problème consistant à organiser l'alimentation électrique d'un grand nombre de lampes à incandescence, Edison par exemple, réparties régulièrement sur un long parcours en ligne droite s'éloignant de l'usine d'Energie.

Il n'est pas certain qu'on ne puisse pas arriver à perfectionner les lampes fonctionnant sur un courant important et une faible différence de potentiel et à les rendre assez avantageuses pour que des Distributions en série deviennent rationnelles ; jusqu'à ce moment et incontestablement dans le principe, les seules lampes à incandescence pouvant être considérées comme pratiques nécessitent ou ont nécessité des Distributions en dérivation, en raison de la différence de potentiel élevée, nécessaire à leur alimentation.

Or, il n'est pas admissible qu'il y ait lieu de construire des types de lampes variant avec la résistance de l'usine, d'autant moins que ce moyen cesserait même d'être efficace si l'on faisait varier le nombre des lampes en service ; il faut donc évidemment que la fabrication ne comporte que les mêmes types pouvant être employés à toutes distances de l'usine.

Mais si n récepteurs, n lampes identiques, sont branchés successivement en dérivation sur les deux conducteurs parallèles partant des pôles de la dynamo génératrice, il est clair que la seconde lampe à partir de l'usine recevra un peu moins de courant que la première, la troisième un peu moins que la deuxième et ainsi de suite en s'écartant de l'usine.

J'avais traité mathématiquement et complètement élucidé cette Question dès l'origine de mes recherches, et j'ai fait connaître ces travaux à l'occasion du Congrès de 1881 ; M. Regray, Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction du Chemin de fer de l'Est, a cité mes formules les prenant comme bases de recherches qu'il a publiées.

ρ étant la résistance d'un de ces Récepteurs, a la résistance de Canal entre deux Récepteurs consécutifs, ε_n, ε_{n-1}. . . . . ε_2, ε_1, les différences de potentiel effectives des Récepteurs successifs à partir de l'usine, on a :

$$\frac{\varepsilon_n - \varepsilon_1}{\varepsilon_1} = C_1 x^1 + C_2 x^2 + C_3 x^3 + ... + C_{n-1} x^{n-1}$$

J'ai publié et communiqué à l'Académie la loi de formation et les Tableaux des coefficients C_1, C_2, ... C_{n-1}. la Question était donc complétement résolue. J'ai donné en outre des formules exprimant la valeur de ces coefficients en fonction de n.

Les deux premiers termes en x et en x^2 sont les seuls dont il y ait à tenir compte dans la plupart des applications, parce que j'ai prouvé qu'il est nécessaire que x soit très petit pour que le système de distribution soit seulement possible avec un grand nombre de dérivations (1).

J'ai donné aussi les formules pour les canaux secondaires, tertiaires ou d'un ordre quelconque.

Au Congrès de 1881, j'ai fait une application numérique au système Edison tel qu'il arrivait d'Amérique. J'ai prouvé que les chiffres mis en avant pour les sections métalliques du Canal projeté, ne pouvaient donner les résultats attendus par les intéressés avec 1000 lampes réparties sur une portée d'un mille, 1333 mètres.

Les prévisions de la théorie se sont vérifiées par la suite.

J'ai prouvé qu'il fallait :

Soit augmenter la section du Canal;

Soit exploiter en ayant partiellement recours à l'arrangement en

(1)

NOMBRE de dérivations exploitées	COEFFICIENTS DES PUISSANCES							
	x^0	x^1	x^2	x^3	x^4	x^5	x^n	
1	1							
2	1	1						
3	1	3	1					
4	1	6	5	1				
5	1	10	15	7	1			
6	1	15	35	28	9	1		
99	1	4851	3828175					
100	1	4950	3980974					
1000	1	499500	37 billions					

tension, soit créer d'autres prises de courant, multipliant les points d'alimentation vierge des affaissements si rapides de la différence de potentiel disponible.

Mais je disais que malgré ce vice naturel du système, la Distribution en quantité me paraissait néanmoins indiquée presque exclusivement dans certains cas, par exemple pour desservir des Récepteurs mobiles tels que des véhicules électriques.

En 1884, MM. Edison et Hopkinson ont signalé simultanément un moyen de réduire de $\frac{5}{8}$, environ 60 0/0, la dépense du cuivre de canalisation avec un troisième fil entre les deux branches du Canal.

Ce moyen consiste donc à recourir partiellement à l'alimentation en série, puisque, en fait, les lampes sont accouplées deux par deux en tension, et aussi la différence du potentiel qui alimente la Ligne doit être doublée.

Cette même économie sur le cuivre est réalisable comme je l'avais signalé en 1881 par l'alimentation en opposition substituée à l'alimentation en correspondance, étant sous-entendu d'ailleurs que des exploitations suffisantes de force motrice ou de chauffage permettent d'utiliser la branche supplémentaire.

J'ai donné dès cette époque la théorie de ces procédés :

L'équation de la chute relative de potentiel total est du degré $\frac{n}{2} - 1$ en opposition, et du degré $n - 1$ en correspondance. Quant au coefficient de x^1 il varie comme le carré de n (le terme en x^1 est le seul à considérer quand x est très petit), le terme $C_1 x^1$ ne varie pas si $\frac{a}{\rho} = x^1$ varie dans la proportion inverse de la variation du carré de n; c'est le cas si la section devient quatre fois plus faible alors que n devient deux fois plus petit parce qu'il y a deux lampes en tension sur chaque dérivation : C_1 devient quatre fois plus petit et $\frac{a}{\rho}$ devient $\frac{4\,a \times 2}{2\rho}$, c'est-à-dire devient quatre fois plus grand; de même en opposition $\left[\frac{n}{2}\right]^2$ devient quatre fois plus petit que n^2 et $\frac{a}{\rho}$ devient $\frac{4\,a}{\rho}$, c'est-à-

dire quadruple si la section devient quatre fois plus petite. Quant à la dépense de cuivre, en comptant le troisième fil, elle devient donc dans les deux cas, $\frac{1}{4} + \frac{\frac{1}{4}}{2} = \frac{3}{8}$ au lieu de $\frac{8}{8}$.

D'une façon générale, les Distributions en dérivation offrent l'avantage de rendre les Récepteurs complètement indépendants les uns des autres sous le rapport de la sécurité naturelle de leur alimentation.

Il est donc juste de voir par contre, dans les Distributions en série le désavantage de rendre les Récepteurs naturellement dépendants les uns des autres comme alimentation; on peut donc craindre que l'interruption accidentelle du passage du courant dans un Récepteur n'interrompe la circulation générale, mais je crois que pour juger sainement, il faut bien se garder de tirer *a priori* des conclusions absolues dans un sens ou dans l'autre.

Il est bien certain, par exemple, que des appareils hydrauliques placés sur un Canal en aval les uns des autres ont bien leurs courants d'alimentation respectifs non indépendants les uns des autres, cependant il ne viendra à la pensée d'aucun spécialiste de renoncer à une telle utilisation, puisqu'il suffit que l'exploitation soit organisée de telle façon que le débit du Canal puisse sûrement trouver un passage hors d'un Récepteur qui ne pourrait plus laisser passer le courant.

De même en Electricité, il est facile de faire en sorte que le passage du courant à travers chaque Récepteur soit la chose difficile à obtenir et qu'au contraire le passage hors du Récepteur soit la chose normale et ultra-assurée.

D'une façon générale, les Distributions en tension, le courant réglé à l'usine, offrent l'avantage de ne pouvoir jamais avarier un Récepteur quoi qu'il puisse arriver localement, tandis que les Distributions en dérivation, à différence de potentiel assurée par le réglage à l'usine, tendraient à faire passer un courant infini par une résistance devenue nulle; et lorsque les précautions techniques ne sont pas bien prises, il peut y avoir et il y a eu souvent des incendies causés par ces courts circuits accidentels.

Mais s'il est juste d'exposer aussi cette cause naturelle d'infériorité de la dérivation, j'insiste également sur le point de vue

qui consiste à envisager avec calme tous les inconvénients et tous les dangers qu'on peut prévoir et qu'on peut conjurer par une Organisation rationnelle.

Nous venons de voir l'inconvénient naturel aux Distributions en dérivation au point de vue de la difficulté d'assurer un courant constant aux divers Récepteurs successifs placés à des distances différentes de l'usine, c'est là le défaut le plus grave; et, pour rendre l'idée bien nette, au risque de l'accentuer un peu trop, on pourrait dire que la Distribution par dérivations successives est naturellement contre-régulatrice, tandis que la Distribution en série est naturellement régulatrice pour des Récepteurs placés à des distances quelconques de l'usine, pourvu que le courant prévu soit maintenu constant à l'usine.

Au point de vue des Récepteurs dynamos, un avantage important de la Distribution en série consiste dans la possibilité de donner à toutes les dynamos réceptrices une grande section de fil induit et d'échapper aux inconvénients et aux affaissements de rendement individuel et d'utilisation spécifique des matériaux causés par l'emploi des nombreuses circonvolutions du fil fin induit.

D'une façon générale, pour l'alimentation, en dérivation ou en série, d'un nombre de Récepteurs invariables comme conditions de fonctionnement, mais variables comme nombre, l'alimentation d'ensemble doit être réglée au point d'émission de telle sorte que l'alimentation individuelle reste la même malgré la variation du nombre, sinon chaque alimentation individuelle se trouverait augmentée ou diminuée à tout changement de nombre.

Cette obligation du réglage s'applique aux deux genres de Distribution et à l'unité comme à la pluralité des lieux de Distribution.

Si la source d'émission est une dynamo ou plusieurs dynamos ou une source quelconque, le réglage doit consister en définitive à augmenter ou à diminuer convenablement l'exportation d'Energie électrique..

Pour obtenir ce résultat, il est possible d'intervenir de bien des façons différentes dans le fonctionnement des sources dynamos.

On peut ranger les solutions en quatre groupes principaux de

moyens employés séparément ou concurremment, ces moyens tendant à modifier :

L'allure des déplacements relatifs des inducteurs et des induits ;

Le champ magnétique ;

Le champ électrique ;

Le nombre et le groupement des éléments générateurs.

Je ferai la même remarque, recommandant de ne pas prononcer d'ostracisme général *a priori* alors que les convenances spéciales des applications diverses peuvent faire disparaître dans un cas particulier, des inconvénients qui seraient rédhibitoires dans la plupart des applications différentes.

Cependant, si nous spécialisons le débat en visant une importante émission, il y a lieu de remarquer que ces diverses interventions sont loin d'être également recommandables.

La variation de l'allure peut alors manquer d'instantanéité et avoir de sérieux inconvénients lorsque les masses deviennent trop importantes, tandis que ce réglage du courant d'une dynamo de masse petite ou moyenne est excellent lorsqu'on dispose d'une chaudière où la vapeur peut être maintenue constante malgré les variations de consommation ; il suffit alors, de supprimer le régulateur de vitesse de la machine à vapeur. Je cite cette solution simple, du réglage d'un courant, que j'ai découverte pour l'avoir réalisée accidentellement au fort de Querqueville, sur les Lignes de défense de la Rade de Cherbourg, il y a bien des années ; ce phénomène implacable m'a même beaucoup gêné, il empêchait tout fonctionnement du mécanisme de réglage d'un puissant régulateur de lumière à arc, l'un des premiers construits par M. Serrin, que j'ai dû faire fonctionner à la main en suivant et maintenant l'écartement des charbons pendant de longues heures d'une expérience officielle. Cependant, je n'ai pas regretté ce mécompte expérimental, parce qu'en l'analysant et en l'étendant, j'ai été conduit plus tard à la combinaison du réglage automatique des Robinets électriques.

Dans l'expérience de Querqueville, le régulateur de la locomobile était faussé et ne pouvait plus fonctionner, de sorte que la lampe Serrin laissait brûler ses charbons, jusqu'à rupture de l'arc voltaïque, sans pouvoir les rapprocher, puisque le courant était maintenu constant, la dynamo accélérant automatiquement son

allure pour maintenir son effort résistant égal à l'effort moteur constant dû à la constance de la pression de la vapeur sur le piston de la locomobile. Dans les Robinets électriques, deux dynamos compensées sont liées cinématiquement; la première est alimentée par le courant commun maintenu constant à l'usine et jouit d'un couple mécanique constant qu'elle impose à la seconde machine, laquelle ne peut alors que verser dans son circuit local un certain courant nécessairement constant malgré les variations arbitraires du service de ce circuit, puisque cette seconde machine ne peut être en équilibre dynamique que lorsque son couple résistant égale son couple moteur, c'est-à-dire lorsque le courant électrique qui la traverse a pris la valeur fixe qui correspond à cette valeur fixe de couple résistant (1).

La variation du champ électrique manque de simplicité, elle n'a guère été réalisée qu'en changeant le calage des balais et pour de petites dynamos.

La variation du champ magnétique est la seule qui ait été employée jusqu'à présent dans la pratique courante.

Le seul procédé a consisté à modifier le courant du circuit excitateur de l'électro inducteur; MM. Edison et Gaulard et Gibbs introduisent en série avec le circuit un rhéostat variable à la main ou automatiquement.

Cette intervention mécanique automatique est alors réglée par un des organes vigilants dont je parlerai tout à l'heure.

Ce genre de modification pourrait, comme je l'ai indiqué, être également obtenu avec plus d'économie d'Energie, en modifiant le nombre ou le groupement des éléments du circuit excitateur.

Dans certains cas, de même que l'on fait varier la résistance du rhéostat intercalé en série dans le circuit excitateur de l'électro placé en dérivation lorsque la dynamo alimente extérieurement en dérivation, de même, on peut placer le rhéostat en shunt (ou dérivation) sur le circuit excitateur, lorsque la dynamo distribue en série, aux travaux locaux qu'elle alimente, la puissance électrique qu'elle extériorise.

---

(1) Au Congrès de 1881, j'en ai fait l'application à l'Organisation du Transport et de la Distribution d'une ville comme Paris, de 8 kilomètres de diamètre, chaque boucle desservant 800 maisons de 10 mètres de façade, consommant 3 chevaux d'Energie sous toutes formes. Toute la ville était supposée desservie par une seule usine et un Canal de cuivre de moins de 1 centimètre de diamètre, 9,17 $^{m}/^{m}$.

Au point de vue de la dépense d'Énergie, il est indifférent d'exciter une dynamo en série ou en dérivation, c'est-à-dire de relier d'une façon quelconque le circuit excitateur au circuit induit; il n'existe rigoureusement aucun avantage, ni comme rendement, ni comme utilisation spécifique des matériaux, si le fonctionnement est supposé invariable. J'ai établi ce fait au Congrès de 1881, contrairement à l'opinion qui venait d'être émise par sir William Thomson. Dans un travail théorique, publié aux Comptes Rendus, l'illustre Savant concluait à l'avantage de l'excitation dérivée pour augmenter le rendement d'une dynamo.

Je n'insiste pas sur les effets de self-induction des excitations dérivées, qui tendraient à rendre plus sensibles extérieurement les variations nuisibles du courant extérieur attribuables à des irrégularités de vitesse. Ces irrégularités peuvent et doivent être évitées dans une Organisation sérieuse. Mais il est important de faire ressortir ce point que, dans le cas où l'on se propose de modifier l'excitation pour maintenir la puissance d'une dynamo au niveau des variations d'Energie électrique à consommer sur le circuit extérieur, les deux modes d'excitation ne doivent pas être appliqués indifféremment, car l'excitation dérivée est naturellement contre-régulatrice d'un service en dérivation, et l'excitation en série, contre-régulatrice d'un service en série; en effet, les exigences du service en série augmentent quand le courant extérieur tend à diminuer et l'excitation en série diminuerait le magnétisme au moment où il a besoin d'être augmenté. De même, les exigences du service en dérivation augmentent quand le courant extérieur tend à augmenter, cette augmentation avec l'excitation dérivée aurait lieu au détriment du courant excitateur, c'est-à-dire diminuerait le champ magnétique au moment où il faudrait l'accroître; de même, en supposant le travail extérieur brusquement abaissé dans une proportion importante, ces excitations contre-régulatrices tendraient à avarier ou détruire la dynamo par échauffement anormal de l'induit.

L'excitation dérivée est donc alors seule rationnelle pour le service en série, et l'excitation en série est seule rationnelle pour le service en dérivation.

Cette conclusion est d'ordre général et ne préjuge pas le mode

spécial d'intervention modificatrice du champ magnétique des dynamos.

L'intervention modificatrice du champ magnétique peut être déterminée par une intervention mécanique automatique ou non, ou, peut être directement automatique, c'est-à-dire utiliser les réactions électro-magnétiques comme celles que nous allons examiner.

Les dynamos dites Compound sont des machines établies avec un magnétisme assez influençable pour que les variations utiles du champ magnétique et par suite la puissance de la dynamo soient commandées par les variations du courant du circuit excitateur invariablement relié au service extérieur de la dynamo.

C'est dire que le fer des électros est loin de son point de saturation magnétique, et pour avoir une telle sensibilité, la donnée même de la construction est l'emploi d'une masse de fer supérieure à celle qui eût suffi à donner la plus grande exportation d'Energie prévue par l'Organisation avec une meilleure utilisation spécifique du fer.

Nous pouvons en conclure, de suite, que les Compound sont destinées à disparaître en même temps que l'individualisme de la production de l'Energie électrique, car la production collective n'admettra pas une aussi mauvaise utilisation spécifique des matériaux.

Une régulation foncièrement automatique pourrait d'ailleurs être en même temps d'un emploi rationnel et nous en donnerons des exemples, mais ce n'est pas le cas des Compound.

Les Compound usuelles comportent deux enroulements excitateurs, l'un en série, l'autre en dérivation sur le service extérieur.

L'idée première, d'un double enroulement excitateur est due à M. Brush, M. Deprez voulant l'appliquer à la régulation avait d'abord proposé d'exciter l'un de ces deux circuits par une dynamo séparée et même par une pile. Cette idée a été perfectionnée d'une façon notable par d'autres Electriciens qui ont pensé à alimenter également ce second circuit excitateur par la dynamo elle-même, en particulier par M. l'Ingénieur Desroziers.

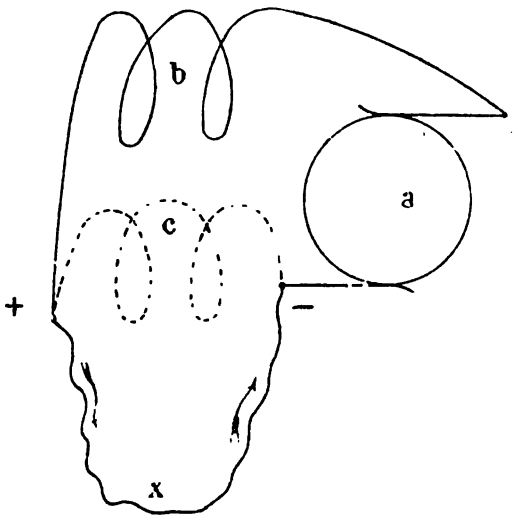
J'insiste sur ce point, qui passe généralement inaperçu, qu'il n'y

a aucun parallèle raisonnable à établir entre une Compound dont le service est en série et une Compound dont le service est en dérivation.

En effet, le service en dérivation est pour ainsi dire d'abord assuré naturellement quelle que soit l'origine du champ et son mode d'excitation. La dynamo étant maintenue à son allure constante, il n'y a de motif d'intervenir que pour compenser la perte variable de différence de potentiel consommée par l'induit, perte croissant proportionnellement au courant, c'est-à-dire proportionnellement à la puissance fournie extérieurement; mais, même avec le maximum de cette puissance, cette perte est toujours faible dans toute dynamo dont le rendement individuel est convenable. Il n'y a donc jamais, en fait, à modifier que dans un faible rapport la force électromotrice engendrée et par suite le champ magnétique.

Au contraire, avec le service en série, la force électromotrice et par conséquent aussi le champ magnétique doivent être augmentés proportionnellement à la puissance fournie intérieurement et extérieurement; la Compound de série serait donc, on peut le dire, beaucoup plus irrationnelle que la Compound de dérivation, toutes choses égales d'ailleurs ; du reste, je reviendrai tout à l'heure sur cette Question à propos de l'équation même des Compound.

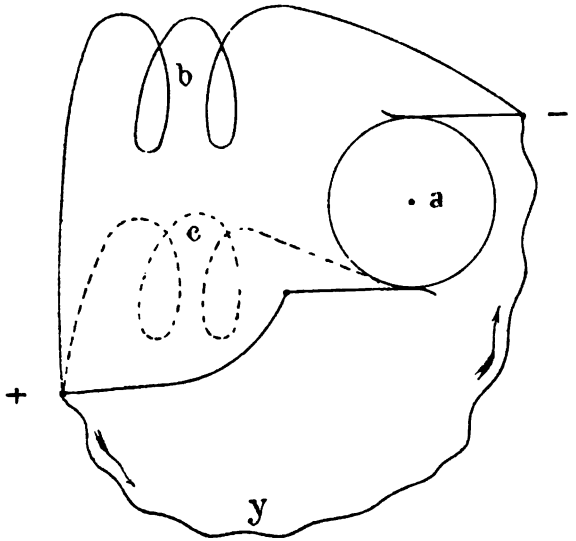
Fig. 1.



DIFFÉRENCE DE POTENTIEL EXTÉRIEURE CONSTANTE

Supposons les problèmes résolus, appelons ε la différence constante de potentiel, I le courant constant, E' sa force électromotrice, E_o la force électromotrice développée par le deuxième enroulement *c* en travail extérieur nul, E la force électromotrice de l'induit lorsque le courant I_b circule dans le premier enroule-

Fig. 2.



COURANT EXTÉRIEUR CONSTANT

ment de résistance *b*. La figure 1 nous donne immédiatement d'après la loi de Kirchoff dans le circuit *ab*X :

$$E = \varepsilon + (a + b)\, I_b \quad (\alpha)$$

La figure 2 donne dans le circuit *a*Y

$$E' = \varepsilon' + a\,(I_b + I),$$

mais dans le circuit Y*b* on a :

$$\varepsilon' = bI_b$$

donc

$E' = bI_b + a\ (I_b + I)$ ou encore $E' = aI + (a + b)\, I_b \quad (\beta)$

(α) et (β) montrent que le problème sera résolu dans les deux cas avec les mêmes éléments électro-magnétiques pourvu que la loi de variation du magnétisme à partir de E_o soit $(a + b)\, I_b$.

c étant supposé alimenté séparément, on a : $E_o = \varepsilon_o = aI$ et la même formule : $E = E_o + (a + b)\, I_b$
convient aux deux Compounds.

Cela veut dire que dans ce cas d'un premier magnétisme indépendant, la même dynamo, son anneau a relié à son même circuit excitateur b en série ou en dérivation, donnera respectivement la différence de potentiel E_o ou le courant constant $\frac{E_o}{a}$, si le magnétisme effectif, à toute allure, varie comme $(a + b)\ I_b$, c'est-à-dire proportionnellement au courant I_b de l'enroulement excitateur b.

On voit que la théorie des Compounds peut s'exposer algébriquement avec une extrême simplité et rapidité sans avoir recours aux longues discussions accompagnant les théories graphiques qu'en a données M. Deprez.

L'auteur ne va pas plus loin : Je vais montrer en outre que la Compound de dérivation peut transformer plus de travail mécanique que la Compound de série.

Pour la même machine, la limite correspond à un certain courant I_a que peut supporter au maximum l'auneau a; dans la Compound de dérivation $I_a = I_b$, dans la Compound de série $I'_b = I_a - I$, donc une excitation plus faible correspondra à la même limite de courant de l'induit.

En travail net nul la Compound de dérivation fait un travail électro-magnétique brut nul; en travail maximum sous le courant I_a ou I_b, le travail brut est $I_a E$ ou $I_a [E_o + (a + b) I_a]$. Le travail brut s'est accru de zéro à cette quantité et le travail net s'est accru de zéro à $I_a [E_o + (a + b) I_a] - (a + b) I_a^2$.

Pour la Compound de série en travail net nul, le travail brut est $a I^2$ ou $\frac{E_o^2}{a}$ puisque b est infiniment résistant par rapport à zéro; en travail maximum sur le courant I_a le travail brut est $I_a E'$ ou :

$$I_a [E_o + (a + b)(I_a - I)] = I_o \left[E_o + (a + b)\left(I_a - \frac{E_o}{a}\right)\right] =$$

$$I_a [E_o + (a + b) I_a] - I_a (a + b) \frac{E_o}{a}$$

$$\text{ou } I_a E_o + I_a^2 (a + b) - \frac{I_a E_o (a + b)}{a}$$

Le travail brut s'est accru de $\frac{E_o^2}{a}$ à cette valeur.

Le travail maximum de la Compound de série est donc inférieur à celui de la Compound de dérivation de $\frac{I_a E_o (a+b)}{a}$ watts par seconde.

La consommation thermique intérieure de la Compound de série est $aI_a^2 + b\left(I_a - \frac{E_o}{a}\right)^2$ ou $I_a^2(a+b) + \frac{bE_o^2}{a^2} - \frac{2bI_aE_o}{a}$, son travail net s'est donc accru de 0 à $I_aE_o + I_a^2(a+b) - \frac{I_aE_o(a+b)}{a} - I_a^2(a+b) - \frac{bE_o^2}{a^2} + \frac{2bI_aE_o}{a}$ ou $I_aE_o - I_aE_o\left[\frac{bE_o}{a^2I_a} + \frac{a-b}{a}\right]$, et par conséquent la différence entre le travail de la Compound de dérivation et celui de la Compound de série est de $I_aE_o\left[\frac{bE_o}{a^2I_a} + \frac{a-b}{a}\right]$ watts par seconde.

D'une façon générale, toute régulation automatique agissant par variation du champ magnétique en utilisant des réactions électromagnétiques telles que les circuits excitateurs restent invariablement reliés à la circulation extérieure, nécessite une complète influençabilité du champ magnétique, même au moment du travail maximum.

Cette nécessité entraîne l'obligation d'employer le fer suffisamment loin du point de saturation et par suite est nuisible à la bonne utilisation spécifique des matériaux (1).

D'une façon générale, dans une grande Organisation émettant l'Energie électrique, en vue de distributions comportant l'emploi de l'Energie sous ses principales formes, je pense que la base ration-

(1) Il est rationnel que, entre deux maux, l'on choisisse le moindre, et c'est la situation d'un consommateur d'Energie qui est en même temps son propre fabricant d'Electricité, il doit craindre surtout la complication du service du matériel de sa petite usine, il cherche à éviter l'obligation d'un personnel spécial, et il raisonne juste en assurant la simplicité et la sécurité, et en les payant, s'il y a lieu, par une plus grande dépense d'Énergie ou de matériaux.

Mais supposons une usine d'émission utilisant une puissance naturelle : la principale dépense portera sur le matériel électrique, il y aura tout intérêt à le faire travailler au maximum de rendement spécifique des matériaux, et par conséquent, le fer sera employé près de son point de saturation, ce qui constituera une économie importante ; il serait au contraire, tout à fait sans inconvénient d'introduire une intervention mécanique automatique régulatrice de l'excitation magnétique, par exemple, dans cette usine dont la surveillance technique est facile et assurée.

nelle est, comme dans toute autre usine, la fabrication de l'unité dont il s'agit dans les conditions économiques les plus avantageuses.

Que l'usine d'Énergie électrique comporte un nombre quelconque grand ou petit de Générateurs d'électricité, je pense donc que la base logique est la multiplication de l'unité d'Énergie fabriquée dans des conditions invariables.

Sans doute, il est facile de trouver, sans limite, des combinaisons plus ou moins ingénieuses, par la raison que nous pouvons agir sur plusieurs facteurs, mais je pense qu'il faut savoir s'arrêter sur cette pente ; je donnerai, à propos de la Distribution de Creil, un exemple typique de ces facilités spéciales, magnétiques et électriques, pouvant tourner en inconvénients, lorsque la maturité technique qui doit toujours inspirer les décisions de l'Ingénieur, n'intervient pas tout d'abord pour écarter ce qui n'est qu'ingénieux (1).

---

(1) Je vais, par une hypothèse, qui peut un jour devenir une réalité, rendre plus nette ma pensée sur les conditions naturelles d'un fonctionnement d'usine de Transformation d'Énergie d'une forme quelconque en forme électrique. Supposons que dans certaines données, la dynamo cesse d'être la source la plus économique de production d'électricité. Supposons qu'elle se trouve détrônée par une pile quelconque hydro ou thermo-électrique, ce qui n'est ni absurde ni impossible *a priori*, il ne resterait rien des systèmes en désaccord avec le principe que je viens de poser, tandis que le principe préconisé resterait rigoureusement applicable, les éléments-source devenant simplement hydro ou thermo-électriques et l'organe vigilant continuant à remplir sa même fonction automatique consistant à tenir le nombre ou le groupement des éléments en rapport constant avec les besoins extérieurs.

Ainsi, les piles thermo-électriques sont considérées en principe, très injustement pour moi, comme incapables de fournir jamais des résultats industriels.

Un récent travail théorique croit même prouver mathématiquement l'impossibilité d'un bon rendement thermo-électrique !

J'ai dit que le rendement des piles thermo-électriques Clamond, livrées à l'exploitation, est restée voisin de 1/2 0/0 alors que la dépense spécifique des matériaux a varié de 6800 kilos à 1058 par cheval-vapeur. Rien que par des perfectionnements de détails évidents, et sans toucher au fond, il est facile déjà d'atteindre le rendement de 1 0/0 ; or, au point de vue de la production de l'Énergie électrique, un tel appareil serait déjà égal, comme rendement, aux locomobiles consommant 8 kilos de charbon, puisque l'on peut compter 0,1 laissé dans la transformation mécanique-électrique et 0,1 laissé en chaleur sur la résistance électrique intérieure de la dynamo ; un rendement thermo-électrique de 2 0/0 équivaudrait comme production d'électricité à une des nombreuses machines à vapeur consommant 4 kilos de houille, et un rendement de 8 0/0 en thermo-electricité équivaudrait pour la production électrique aux meilleures machines à vapeur consommant un kil. de houille en service courant.

Pour la production de la force motrice, un ensemble comprenant une dynamo réceptrice et un Transformateur d'un rendement thermo-électrique supérieur à 12 0/0 suffirait donc à détrôner la machine à vapeur au point de ne plus laisser qu'une valeur historique, rétrospective, à cet admirable instrument qui, en deux siècles, a si profondément modifié toutes les conditions économiques du Globe.

Un tel progrès, je n'hésite pas à l'affirmer, n'a rien d'invraisemblable en thermo-électricité. Remarquons qu'en machines à vapeur, précisément, le progrès n'a pas été graduel mais, au contraire, brusque et définitif.

En 1690, Denis Papin invente la machine à vapeur à simple effet, Thomas Newcommen la réalise industriellement en 1705 ; de 1769 à 1784, James Watt *triple* le rendement par l'application d'un condenseur séparé, par l'isolation calorique des envelop-

On admet maintenant, non sans l'avoir contesté d'abord, que les Organisations n'auront de raison d'être, à titre industriel sérieux, que si elles peuvent distribuer en même temps la Chaleur, la Lumière, l'Action chimique et l'Action mécanique ; la téléphonie et les sonneries s'adjoignant sans difficulté, elles n'entraînent qu'une faible dépense d'Énergie.

L'émission doit être organisée de façon que l'Énergie exportée pour toute la Ligne, puisse, sans déperdition, varier à la volonté des consommateurs de zéro à un maximum prévu. L'Organisation doit permettre l'utilisation des mêmes types Récepteurs en des points quelconques du parcours desservi. Un Récepteur donné étant caractérisé par le débit électrique de son régime normal, il faut qu'il puisse toujours le recevoir de son alimentation respective et j'ajouterai : le recevoir dans les mêmes conditions.

J'ai dit un mot déjà des Distributions en dérivation ou en tension à des Récepteurs invariables, tels que les lampes à incandescence.

Pour des Récepteurs dynamos, l'alimentation en série est d'une grande sécurité, les avaries sont impossibles, le courant ne pouvant pas dépasser la valeur de régulation, que la vitesse du Récepteur dynamo soit grande ou nulle. La dynamo compensée jouit alors d'un couple constant, elle représente la machine pour ainsi dire parfaite, qui serait constituée par un tambour d'horloge dont le poids moteur serait constant et, en outre pourrait être enlevé ou replacé à volonté. Les Récepteurs dynamos en série peuvent être enroulés de gros fil induit.

Au contraire, l'alimentation en dérivation place les Récepteurs dynamos dans une situation critique pour la mise en marche et l'arrêt, puisqu'alors le courant est hors de proportion avec la section conductrice du Récepteur. Les Récepteurs dynamos ne peuvent être enroulés que de fil induit fin.

---

pes peu conductrices et par la détente. Depuis Watt, il faut bien le reconnaître, aucun progrès radical n'a été accompli.

Pourquoi n'en serait-il pas de même en thermo-électricité. C'est en 1828 que Seebek distingue la première manifestation de ces transformations d'Energie, en 1868, MM. Mure et Clamond font une première pile au sulfure de plomb et fer ; en 1873, M. Clamond présente sa pile à l'alliage zinc antimoine et fer, appareil à peu près industriel, pour certains usages spéciaux. Peut-être approchons-nous d'une date célèbre en thermo-électricité. D'après certaines informations déjà assez précises, j'aurais quelque raison de ne pas en être trop étonné ; ce serait un nouvel exemple de la ligne brisée de Pascal, un peu plus rapide encore, comme il conviendrait à une période plus laborieuse et plus savante.

Sans doute, il est possible de prendre des dispositions propres à conjurer ce danger, mais il n'en est pas moins vrai que la situation est naturellement critique.

Etant admis que le parcours desservi à une grande étendue et comporte la Distribution sous les principales formes, je pense : 1° que la série s'impose pour les Centres successifs de répartitions locales ; 2° qu'une transformation au moins s'impose à l'arrivée.

En effet, d'une part les hautes tensions sont nécessaires à l'économie du Transport à grande distance, et d'autre part, il n'est pas admissible que de hautes tensions soient mises entre les mains des consommateurs.

Je pense qu'il y a une distinction capitale à faire entre la Distribution à tous les Centres successifs et les Distributions de chacun de ces Centres successifs. Je pense que les Centres successifs de répartitions locales devront, suivant les cas, distribuer en série ou en dérivation ou même en série et en dérivation.

Dans le cas où la série conviendra à cette répartition, le Robinet électrique présentera des avantages précieux de fonctionnement automatique.

Grâce à ces premiers appareils transformateurs que j'ai fait connaître en 1880, il est possible, avec un courant mère réglé à l'usine, de verser par transformation, en tous les points successifs du parcours, des courants continus ou des courants alternatifs, de toutes grandeurs, alimentant, dans un certain périmètre local, des puissances variables arbitrairement en nombre et en grandeur, sans compromettre la régulation automatique des débits locaux desservant ces puissances. J'ai eu la satisfaction de voir ces appareils successivement réinventés et appréciés en Italie et en Angleterre.

Par contre, pour des Récepteurs dynamos devant commander un arbre à allure constante, l'inconvénient de l'alimentation en série est que l'effort résistant venant à augmenter pendant le service, il y a ralentissement et arrêt, à moins que par un dispositif convenable, il n'ait été avisé à ce défaut naturel ; j'ai indiqué le moyen consistant à employer la modification d'effort résistant à modifier le rapport des diamètres de la transmission entre l'arbre récepteur et l'arbre résistant, de façon à augmenter

automatiquement l'allure du Récepteur pour maintenir l'allure de l'arbre résistant malgré l'accroissement d'effort.

Cette combinaison permet encore, au moyen d'un Récepteur dynamo sur courant constant, de commander un Générateur de différence de potentiel constante par exemple.

J'ai combiné aussi des Robinets transformateurs dans lesquels les balais seuls sont animés d'un mouvement de rotation.

Mes cliquets électriques sont des appareils sans commutateurs locaux. Ces appareils à deux fils distincts sont astreints à suivre synchroniquement l'émission.

J'ai combiné aussi des Génératrices et des Réceptrices spéciales, dans lesquelles les induits sont généralement fixes et les inducteurs, mobiles.

Ces appareils comportent une Ligne en plusieurs fils distincts, dans chacun desquels le courant est changé automatiquement de sens à des intervalles assez éloignés pour qu'on puisse dire qu'ils sont parcourus par une succession de courants continus, plutôt que par des courants alternatifs. Les dynamos réceptrices n'ont alors plus de collecteurs.

J'ai combiné des dispositions permettant aussi d'utiliser les machines à courants alternatifs comme Réceptrices de puissance mécanique. Ces machines présentent l'avantage naturel du synchronisme, en ce sens que si elles fonctionnent, elles ne peuvent fonctionner qu'avec synchronisme, mais elles ont le défaut parallèle d'un fonctionnement naturellement brutal, c'est-à-dire que leur fonctionnement ne se ralentit pas, mais cesse brusquement si la valeur du travail résistant atteint, même un seul instant, la valeur du travail moteur fourni par l'alimentation du Canal à cette Réceptrice tournant à sa vitesse synchrone de l'émission alternative. De même, une telle Réceptrice fonctionnerait dans les mêmes conditions, et par suite avec un rendement individuel détestable si le travail résistant devenait très faible, par exemple le travail résistant net ou utile devenant nul.

Ma part d'organisation et d'invention a consisté à assurer d'abord à ces Réceptrices une excitation par courant continu ou de même sens pour bénéficier des puissantes intensités de champ magnétique ; puis à faire en sorte que la dynamo règle automatiquement elle-même son alimentation électrique de façon à travailler

toujours à bon rendement individuel ; enfin, à combiner des dispositions mécaniques permettant de donner toutes les vitesses aux arbres des diverses Réceptrices alimentées par une émission alternative commune, même avec un unique type de dynamo réceptrice.

J'ai combiné des moyens de cantonner les hautes ensions sur la Ligne en les excluant de tout appareil dynamo-électrique.

J'ai combiné des dispositions permettant d'alimenter les Récepteurs dynamo-électriques en Ligne ouverte, réalisant ainsi une Distribution naturelle au prix d'un matériel statique de condensateurs.

Lorsque les besoins locaux n'exigent pas une constance absolue de vitesse et peuvent se contenter d'une régulation constante entre des limites prévues, il devient possible, avec l'alimentation en dérivation réglée et les dynamos à courant continu, de se passer d'aucune intervention mécanique, j'ai même montré plus haut qu'à mesure que les intensités du champ magnétique deviennent plus élevées, les écarts d'allure peuvent être resserrés entre des limites négligeables pratiquement.

Il faut bien se garder de confondre cette régulation automatique avec les procédés de l'ordre des Compound qui nécessitent une mauvaise utilisation spécifique des matériaux.

Car ici le travail maximum correspond naturellement au maximum d'utilisation spécifique des matériaux.

Lorsqu'il s'agit de distribuer localement, sur un périmètre restreint, une constante différence de potentiel à des Récepteurs variables en nombre et en puissance, j'ai fait remarquer qu'une telle régulation s'obtient naturellement. à la condition que la résistance intérieure de l'induit d'un Générateur soit très faible. D'après ces deux possibilités, j'ai combiné des Robinets qui peuvent être alimentés par une différence de potentiel élevée, tournent à vitesse pratiquement constante et versent une différence de potentiel pratiquement constante, d'une valeur aussi faible qu'on le veut, à des Récepteurs locaux dont la consommation individuelle et d'ensemble peut varier cependant sans restriction de zéro au maximum prévu. Il est bien entendu que, aussi bien dans la Génératrice que dans les Récepteurs de ce genre de Robinets, le travail maximum correspond toujours à l'utilisation maximum des matériaux.

La seconde machine de ce Robinet peut être une dynamo à courants alternatifs.

En définitive, j'ai fourni les moyens rigoureusement automatiques de transformer un courant continu qui peut être de haute tension, en un nombre arbitraire de courants continus ou alternatifs, qui peuvent être de quantité, ces débits restant réglés malgré toutes variations arbitraires de consommations d'Energie, et de transformer une différence de potentiel, qui peut être de haute tension, en un nombre quelconque de différences de potentiel restant constantes malgré toutes variations arbitraires des consommations d'Energie. Ce travail maximum de l'organe correspond, dans les deux cas, au maximum d'utilisation spécifique des matériaux.

Je fais remarquer que le sens des réactions électro-magnétiques ne permet pas d'autres régulations absolument automatiques.

C'est pour cette raison que dans les Robinets mixtes, c'est-à-dire, alimentés en série, et versant en quantité, ou alimentés en quantité pour verser en série, j'ai eu recours à des interventions mécaniques commandées d'ailleurs automatiquement par un organe vigilant, lequel intervient parce qu'il perd son état d'équilibre pour toute variation de l'élément qu'il s'agit de maintenir constant.

Lorsqu'il s'agit de maintenir seulement constante la vitesse d'une dynamo réceptrice, entraînant par exemple une machine-outil, l'organe vigilant peut être basé sur l'action de la force centrifuge, mais il peut également être actionné par l'effort résistant.

Lorsqu'il s'agit de maintenir la constance d'une chute de potentiel ou d'un courant, d'ailleurs sous forme continue ou alternative, l'organe vigilant doit être, comme je l'ai indiqué, une variété quelconque de balance de Becquerel, qui n'occupe son état d'équilibre que lorsque l'élément électrique fonctionne à sa valeur de régulation, toute infraction en plus ou en moins met aussitôt en action l'organe vigilant. J'ai fait du reste remarquer que la simple régulation d'allure mécanique peut utiliser un organe vigilant électrique, dont le courant est alors organisé spécialement.

En tout cas, quel que soit l'organe vigilant et quelle que soit la fonction réceptrice, l'intervention mécanique consiste généra-

lement à modifier l'alimentation de la dynamo réceptrice de façon à modifier le couple moteur de cette dynamo.

Les solutions possibles sont innombrables, j'en ai moi-même indiqué un grand nombre.

On peut agir à la fois sur le champ magnétique et sur le champ électrique, c'est-à-dire sur l'inducteur et sur l'induit, ou n'agir que sur l'un de ces deux facteurs de l'effort mécanique moteur de la dynamo.

J'ai dit que, parmi cette infinité de possibilités, les unes sont rationnelles, les autres déraisonnables, et j'ai indiqué le meilleur *criterium* pour se rendre compte sommairement de la valeur d'une solution ou du moins pour écarter d'emblée toutes les solutions qui méritent seulement d'être classées sous le titre d'ingéniosités plus ou moins stériles ; ce *criterium* consiste simplement à constater si oui ou non l'appareil fonctionne à utilisation spécifique maximum lorsqu'il développe sa puissance maximum.

Les régulations automatiques, par intervention mécanique modificatrice de l'alimentation des Récepteurs à l'arrivée, peuvent s'appliquer même à des émissions non réglées, pourvu que ces émissions soient maintenues non inférieures à la quantité totale d'Energie consommée localement.

J'ai appliqué avantageusement les régulations automatiques à l'arrivée, à la modification de l'alimentation de Récepteurs non dynamiques tels que lampes, bains électrolytiques, appareils de chauffage; l'acte mécanique peut consister à modifier automatiquement par exemple le nombre et les connexions de condensateurs ou de transformateurs secondaires mis en jeu pour alimenter l'exploitation locale. J'ai combiné de nouveaux dispositifs pour ces transformations secondaires.

Comme application des principes généraux que nous venons de poser en Distribution de l'Energie, examinons, au point de vue Distribution, les données qui ont présidé à l'établissement du timide essai actuel de Creil-Paris.

La publication de documents authentiques émanant des Ingénieurs du Chemin de fer du Nord et de Fives-Lille nous a appris que le programme arrêté consistait à distribuer à l'arrivée une puissance d'environ 80 chevaux entre trois Réceptrices voisines.

C'était déjà restreindre un programme, à peine antérieur, de

Distribution à 4 Réceptrices; puis on s'était réduit à deux Réceptrices, programme en vue duquel M. Deprez avait préparé l'Exposé dogmatique que j'ai déjà cité plusieurs fois.

Aujourd'hui, il n'y a plus qu'une seule Réceptrice, c'est-à-dire plus de Distribution dans le sens véritable, cependant on renouvellerait, paraît-il, ce qu'on a fait à Grenoble, c'est-à-dire que l'unique arbre récepteur actionnerait, entre autres résistances utiles, une dynamo à vitesse constante alimentant des lampes en dérivation.

Nous ne pouvons donc pas examiner ce qui a été fait, mais nous examinerons ce que devait faire l'auteur.

Il n'y a rigoureusement aucune différence dans la valeur de la force électromotrice d'émission nécessaire pour organiser, à un rendement donné, avec une Génératrice donnée et après un Canal donné, la Distribution d'une puissance donnée, à un même nombre quelconque n de dynamos réceptrices de même vitesse et même carcasse, que ces n dynamos soient alimentées en tension, ou en dérivation, ou suivant un arrangement quelconque de batteries en séries.

En effet, supposons le problème résolu, en dérivation par exemple, appelons I le courant de l'ensemble, appelons r la résistance de l'ensemble récepteur et e sa force électromotrice, la force électromotrice de chacune des machines sera e et la résistance intérieure individuelle sera nr, le courant individuel sera $\frac{I}{n}$.

Modifions les enroulements des n Récepteurs, de façon que la résistance intérieure individuelle devienne $\frac{r}{n}$, la force électromotrice sera $\frac{e}{n}$ à la même allure, les machines étant aptes à fonctionner toutes les n en tension sur le courant I.

La déterminante statique de chacune des Réceptrices ou de leur ensemble n'aura pas varié, pas plus que le rendement individuel et d'ensemble. La puissance sera également restée la même. Le problème sera donc exactement résolu dans les mêmes conditions en tension ou en dérivation,

La seule différence, entre l'organisation des n Réceptrices alimentées en dérivation ou en tension, sera que la section du fil

induit devra être n fois plus petite si les dynamos sont alimentées en dérivation.

Il est bien entendu que si nous voulions tenir compte des réactions secondaires d'induction, nous aurions généralement à constater en outre une certaine infériorité de rendement et de puissance pour les dynamos en dérivation (1).

Ainsi que le prouve la note 1, avec les quatre Récepteurs projetés conservant la même puissance et le même rendement, il aurait donc fallu doubler la force électromotrice d'émission qui a été employée avec une seule Réceptrice; avec 100 Réceptrices il faudrait décupler cette force électromotrice d'émission.

Supposons un Canal utilisé de façon à débiter le maximum de

---

(1) En conservant nos notations précédentes, les neuf quantités I, E, e, R, ρ, F_T, n nombre de Réceptrices, T puissance d'une Réceptrice en watts, sont liées entre elles par les relations distinctes :

$$I = \frac{E - e}{r + R + \rho}$$
$$eI = nT$$
$$F_T = \frac{e}{E}$$

Il est donc possible d'exprimer trois quelconques de ces neuf quantités en fonction des six autres, il en résulte les trois expressions suivantes de E, e, I :

$$E = \sqrt{\frac{nT\,[R + \rho + r]}{F_T - F_T^2}} \qquad (1)$$

$$e = \sqrt{\frac{nT\,[R + \rho + r]}{\frac{1}{F_T} - 1}} \qquad (2)$$

$$I = \sqrt{\frac{nT\left[\frac{1}{F_T} - 1\right]}{R + \rho + r}} \qquad (3)$$

Appelons r_d, r_t, la résistance d'une des n dynamos en dérivation et en tension, e_d, e_t les forces électromotrices individuelles, I_d, I_t les courants individuels.

Ces équations deviennent, pour l'alimentation en dérivation :

$$E = \sqrt{\frac{T\,[r_d + n\,(r + \rho)]}{F_T - F_T^2}} \qquad (1)$$

$$e_d = \sqrt{\frac{T\,[r_d + n\,(R + \rho)]}{\frac{1}{F_T} - 1}} \qquad (2)_d$$

$$I_d = \sqrt{\frac{T\left[\frac{1}{F} - 1\right]}{r + n\,(R + \rho)}} \qquad (3)_d$$

courant que lui permet la section et la nature de son conducteur; si l'on veut augmenter le nombre de Récepteurs de même puissance alimentés en dérivation, il faut nécessairement modifier tous les enroulements, de façon à les faire fonctionner à plus petit courant et plus grande force électromotrice, en augmentant bien entendu la force électromotrice d'émission.

Tandis que si l'on veut obtenir le même résultat avec l'alimentation en série, il faut, toujours, augmenter la force électromotrice d'émission, mais il n'y a rien à modifier dans le type du Récepteur.

Ces remarques nous serviront de transition pour arriver à l'appréciation du moyen de régulation adopté par M. Deprez, dans le but de maintenir constante l'allure de ses Réceptrices en dérivation.

M. Deprez maintient constante la force électromotrice de la Génératrice et, dans chaque Réceptrice, emploie un organe centrifuge qui intercale une plus ou moins grande longueur de fil d'un rhéostat dans le circuit excitateur de son électro, de façon à corriger les écarts de vitesse.

De cet ensemble de combinaisons, il résulte que l'intensité du champ magnétique d'une Réceptrice est modifiée non seulement lorsque son travail est modifié par les variations du travail résistant utile, mais encore lorsque ce travail résistant reste invariable. La note 1 montre dans quelle importante proportion se

---

Les équations deviennent par l'alimentation en série :

$$E = \sqrt{\frac{T\left[n^2 r_1 + n\,(R+\rho)\right]}{F_T - F^{12}}} \qquad (1)_1$$

$$e_1 = \sqrt{\frac{T\left[r_1 + \frac{R+\rho}{n}\right]}{\frac{1}{F_T} - 1}} \qquad (2)$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{T\left(\frac{1}{F_T} - 1\right)}{r_1 + \frac{R+\rho}{n}}} \qquad (3)_1$$

Ces trois séries d'équations montrent clairement, entre autres choses, que si l'on veut augmenter n, il faut nécessairement augmenter E dans la proportion $\sqrt{n}$, aussi bien en distribuant en dérivation qu'en distribuant en série.

trouve faussé le principe de l'utilisation maximum des matériaux en travail maximum (1).

---

(1) En effet, supposons que le fonctionnement des quatre Réceptrices étant normal, on vienne à supprimer une, deux ou trois Réceptrices, trois par exemple ; la résistance de l'ensemble récepteur est quadruplée, l'intensité générale est modifiée et l'intensité individuelle devient cette intensité générale.

Si rien n'est changé dans les conditions du travail résistant utile de cette Réceptrice, il faut donc que, à la vitesse de régime, qui ne doit pas changer davantage, le champ magnétique prenne une valeur telle que le produit de cette nouvelle valeur par la nouvelle valeur du courant reste une constante. Si nous voulons savoir dans quelle proportion n le champ effectif et la force électromotrice de la Réceptrice doivent être modifiés, il suffit de résoudre l'équation du second degré.

$$\frac{e}{4}\,\frac{E-e}{R+\rho+r} = ne\,\frac{E-ne}{R+\rho+r}$$

dans laquelle E, e, sont les forces électromotrices d'émission et de réception et, R, ρ, r, les résistances de la Génératrice, de la Ligne et du type de Récepteur.

Etant donnée la Génératrice actuelle et le type actuel de Réceptrice (Creil-Paris), nous savons déjà, d'après les formules que nous avons précédemment établies, qu'il nous faut doubler le E qui suffisait avec une seule Réceptrice, pour obtenir le même rendement avec quatre Réceptrices ; si nous nous reportons aux valeurs avec une seule Réceptrice 5717 et 4441, nous devrons dans la formule ci-dessus faire $E = 11434$, $e = 8882$, nous avons en outre $R = 33$, $\rho = 100$, $r = 36$.

$$n = \frac{E}{2e} \pm \sqrt{\frac{E^2}{4e^2} - \frac{\left(R+\rho+\frac{r}{4}\right)(E-e)}{4\,(R+\rho+r)\,e}}$$

Remplaçant R ρ r E e par leurs valeurs numériques, il vient :

$$n = \frac{11434}{17764} \pm \sqrt{\left(\frac{11434}{17764}\right)^2 - \frac{169\,(2552)}{568\,(8882)}}$$

On trouve les racines $n = 1{,}2169$ et $n = 0{,}0703$.

Le champ magnétique d'une Réceptrice devra donc augmenter dans la proportion de 5 à 6 quand la Distribution étant organisée pour quatre Réceptrices, le nombre des Réceptrices passera de 4 à 1.

C'est là un inconvénient au point de vue de l'utilisation spécifique ; il est vrai qu'il disparaît presque à côté de l'inconvénient du même ordre et beaucoup plus grave que présente le système dans la régulation relative aux variations du travail individuel de chacune des Réceptrices.

Considérons une Réceptrice en travail maximum à sa vitesse de régime, soit ε la différence de potentiel d'alimentation, e la force électromotrice, et supposons que l'effort à vaincre soit réduit au $\frac{1}{40}$ de sa valeur maximum, le champ magnétique devra être rendu m fois plus intense de façon que $(\varepsilon - me)\,me = \frac{1}{40}\,(\varepsilon - e)\,e$.

Les racines de cette équation du deuxième degré sont :

$$m = \frac{\varepsilon}{2e} \pm \sqrt{\frac{\varepsilon}{4e^2} - \frac{\varepsilon - e}{40\,e}}$$

Le signe + est seul possible puisque m doit être plus grand que 1.

Si la Réceptrice travaillait à 50 °/. ou 1/2 de rendement individuel $\frac{e}{\varepsilon}$, on aurait $m = 1 + \sqrt{\frac{39}{40}}$, c'est-à-dire presque 2. Si la Réceptrice travaillait à 80 0/0 ou $\frac{4}{5}$ de rendement individuel $\frac{e}{\varepsilon}$, on aurait $m = \frac{5}{8} + \sqrt{\frac{25}{64} - \frac{1}{160}}$, ou $m = 1{,}4449$; ce

En résumé, le Transport de l'Energie à grande distance c'est-à-dire dans les données qui s'imposent généralement avec l'utilisation des puissances naturelles, est destiné à constituer une application de premier ordre de l'Electricité, à la condition qu'il soit réalisé sur une très grande échelle, à la condition de créer une puissante Industrie du Transport de l'Energie.

L'âme des dynamos est le champ magnétique, il faut constituer des champs très énergiques, car c'est le seul remède à toutes leurs infirmités. J'indique comment les machines doivent être cons-

---

qui veut dire que la Réceptrice travaillant au maximum prévu, il faut que le fer de l'inducteur soit cependant, au moment de ce travail maximum, assez mal utilisé pour que le champ magnétique puisse encore augmenter de moitié de sa valeur jusqu'au plus faible travail. Et cette nécessité fâcheuse est certainement inférieure à la réalité, puisque nous avons supposé ε constant tandis qu'il augmente concurremment.

Dans de pareilles conditions, que penser de l'affirmation expresse de l'auteur : qu'un tel moyen de réglage présente cet avantage considérable que le rendement est maintenu au-dessus d'une limite prévue, par exemple au-dessus de 50 0/0, quelque petit que soit le travail demandé à la Réceptrice ! (P. 199, *la Lumière électrique*, 31 octobre 1885.)

Prenons la Réceptrice de Creil-Paris, son excitation coûte 9 0/0 du travail eI, alors que la puissance est de 40 chevaux : supposons que le travail utile demandé à cette Réceptrice tombe au $\frac{1}{40}$ de cette valeur normale, soit 1 cheval; l'excitation coûtera alors environ $9 + 4{,}5$ soit 13 0/0 environ de 40 chevaux, ce qui représentera 520 0/0, cinq cent vingt pour cent du travail utile de 1 cheval, et si nous admettions une dépense d'excitation pareille à la dépense relative de la Génératrice, *ce serait une dépense de mille quarante pour cent du travail utile*, et nous n'avons pas encore fait entrer en compte l'Energie consommée passivement par la Génératrice et par la Ligne.

Voici du reste le raisonnement de l'auteur : Lorsque le travail récepteur baisse, la force électromotrice e de la Réceptrice augmente, par conséquent si le rendement $\frac{e}{E}$ était de 50 0/0 en travail maximum, il sera toujours supérieur à 50 0/0 en travail plus faible, et en outre, le rendement deviendra d'autant meilleur que le travail baissera davantage. Mais ici, l'auteur oublie un élément nullement négligeable et même plus important que ceux dont il tient compte : c'est la dépense d'excitation, car il admet implicitement que le champ magnétique du travail maximum ne coûte rien et que le champ encore augmenté correspondant à un travail diminué ne coûte pas davantage !

En un mot, le rapport $\frac{e}{E}$ a beau augmenter, le rendement du Transport effectué par la machine réceptrice peut diminuer néanmoins dans les plus grandes proportions, par la simple raison que le rapport $\frac{e}{E}$ n'est pas du tout ici le rendement de l'appareil récepteur, puisque $\frac{e}{E}$ n'exprime le rendement qu'à la condition que e soit employé en travail utile et non en travaux passifs divers. Cette conclusion de l'auteur est donc basée sur un oubli, elle ne cesserait pas d'être erronée quel que soit d'ailleurs le mode d'alimentation de l'électro du Récepteur, c'est-à-dire, même si cette alimentation était empruntée à la circulation générale du Canal, mais en outre, il y a lieu de remarquer qu'avec la disposition adoptée à Creil-Paris (alimentation de l'électro par une petite Génératrice auxiliaire entraînée par l'arbre récepteur), il serait matériellement impossible d'abaisser le travail brut d'une Réceptrice jusqu'à la limite du travail mécanique passif, la Réceptrice cessant de régler, dès que son eI devient inférieur au travail mécanique passif de la Réceptrice et de sa petite dynamo d'excitation, augmenté du travail électrique de cette dynamo auxiliaire exigé pour la situation de la régulation.

truites dans les données actuelles, réduisant l'entre-fer au minimum mécanique, tout en réalisant des puissances aussi grandes qu'on le veut sans aucun aléa de rendement ni d'utilisation spécifique des matériaux.

J'ai entrepris avec la collaboration de M. Arnoux et le concours de M. Bary une série de mesures des flux développés dans des conditions méthodiques d'après un programme que j'ai arrêté; je les communiquerai à la Société des Ingénieurs Civils.

D'après ce que j'ai dit, on comprend toute l'importance du *desideratum* consistant à rendre la déterminante et le champ moins dépendant de l'entrefer, c'est dans cette voie qu'il y a lieu d'espérer un progrès important dans l'utilisation spécifique des matériaux (1).

La théorie nous indique que les Transports à grandes distances ne peuvent être économiques qu'à la condition d'employer de hauts potentiels d'émission et la pratique ne nous indique nullement qu'il faille proscrire les hauts potentiels de la Ligne ni des machines,

---

(1) J'ai montré que le rendement individuel d'une dynamo en fonction de la déterminante m est représentée par les valeurs $F_G = \frac{m-1}{m} = 1 - \frac{1}{m}$ ou $F_R = \frac{m}{m+1} = \frac{1}{1+\frac{1}{m}}$, suivant que la machine est génératrice ou réceptrice et que

$$m = \frac{VaH}{ui\,(n+1)}$$

J'ai montré aussi que le pouvoir de transformation de l'appareil est égal à EI, ou mRI^2, ou $\frac{VaH}{ui\,(n+1)} \times \frac{l+l_0}{s} \times us^2i^2$, ou $HlaVsi$, ou $HlVsi$, toutes les quantités étant exprimées en CGS.

Dans les meilleures dynamos Edison s'excitant elles-mêmes, la valeur de la déterminante va jusqu'à $m = 33$ ce qui correspond à un rendement individuel comme Génératrice de $F_G = 97$ 0/0. Il est donc certain qu'il n'y a pour ainsi dire aucun progrès possible comme amélioration du rendement individuel des dynamos actuelles bien construites; mais rien ne prouve qu'il en soit de même comme amélioration du pouvoir transformateur des dynamos y compris les types les plus perfectionnés. J'ai montré que cette face de la Question est *a priori* non moins importante que la première et même qu'avec la donnée d'une grande Industrie de Transport d'Energie basée sur l'utilisation des puissances naturelles, les diminutions de ce que j'ai appelé la dépense spécifique des matériaux des dynamos pèseront plus encore que le rendement dans la balance économique de cette grande Question, au point de devenir le principal régulateur de son développement et de son avenir.

Or, considérons la puissance de transformation sur la forme $HlVsi$ et la valeur de H sous la forme $V \times f\left[M, F, F', s', i', N, P\right] \times \frac{1}{d}$.

Il semble *a priori* que le progrès est également limité de ce côté, par une barrière infranchissable, lorsque pour un l donné, on a adopté le maximum de la vitesse pratique V et le maximum de la densité i de circulation de courant compatible avec la nature physique du cuivre induit; puisqu'il ne resterait d'autre ressource que d'accroître H ou s. Mais précisément la valeur de H nous montre que ces deux quantités H et s ou ce qui revient au même H et d varient entre certaines limites presque inversement, l'une par rapport à l'autre. Cette conclusion est encore plus évidente si nous remarquons

elle nous apprend seulement qu'il est impossible de confiner utilement de grandes différences de potentiel dans un espace conducteur restreint; aussi n'est-ce pas ce que j'ai en vue, je veux peu de différence par espace restreint, mais en même temps l'emploi des très hauts potentiels absolus. Il n'y a aucun motif raisonnable pour que l'Ingénieur soit moins audacieux dans les applications électriques qu'en Machines à vapeur ou à gaz. Laissons-le, même *canaliser la foudre*, à la seule condition que tout danger soit localisé dans des dispositifs tels que l'usage soit inoffensif pour tous.

Dès le principe, j'ai indiqué que généralement une transformation au moins est nécessaire à l'arrivée, de façon à ne mettre entre les mains du Public que des tensions bien entendu incapables d'aucun effet physiologique dangereux, en sorte que l'appareil puisse être employé sans aucune précaution spéciale.

J'ai passé en revue les Principes qui régissent la Distribution, j'ai fait comprendre quelles immenses ressources l'Électricité met entre nos mains sous ce rapport. J'ai indiqué le critérium le plus simple, suffisant déjà pour mettre l'Ingénieur à même d'écarter, d'emblée, en connaissance de cause, toutes celles des innombrables solutions possibles qui ne seraient qu'ingénieuses, cinématiquement pour ainsi dire : *une solution n'est pas acceptable si, en travail maximum, la régulation comporte un sacrifice sur l'utilisation spécifique des matériaux.*

Je pense avoir été net dans mes conclusions sur les dynamos et sur le Transport.

---

que $ls = Pd$ et si nous mettons la puissance transformée sous la forme équivalente $VPidH$.

Cette analyse nous permet donc d'affirmer que dans la donnée usuelle d'établissement des dynamos, la limite de puissance spécifique des meilleures dynamos est à peu près infranchissable; en outre, cette analyse nous indique aussi que, s'il existe un moyen d'échapper à cette limitation, ce ne peut être qu'en faisant en sorte de pouvoir accroître d sans diminuer H ou mieux encore de pouvoir accroître d et H simultanément

Telle est la conception qui doit donner la solution.

Il y a lieu de remarquer que ce résultat n'implique pas nécessairement de sacrifice sur toute valeur élevée donnée du rendement individuel de l'appareil; l'expression $m = \frac{VH}{ui\,(n+1)}$ montre en effet qu'alors il suffit de maintenir la valeur du produit des deux premiers termes du dénominateur.

Il y aurait intérêt à faire bénéficier de cette combinaison les machines unipolaires et les dynamos usuelles à courant continu et à courants alternatifs.

D'une façon générale la puissance de transformation d'une dynamo tend alors à augmenter par accroissement de ses deux facteurs E et I, E parce que H est augmenté et I parce que la section induite est relativement arbitraire; ainsi elle tend à prendre un souffle d'une plus haute tension avec des poumons agrandis, de telle sorte que chacune de ses inspirations soit plus puissante à double titre.

J'ai voulu marquer le point où on est arrivée, pour moi, la Question de la Distribution, j'ai dit ce qu'il ne faut pas faire, je n'ai pas caché mes tendances, mais je n'ai pas voulu me permettre de conclure et de dire : il faut distribuer ainsi et pas autrement. Cette conclusion serait prématurée, la donnée industrielle n'étant pas positivement fixée, ni comme besoins à desservir, ni comme moyens financiers dont on pourrait disposer. Je n'en suis pas moins convaincu que la Question est arrivée à maturité et qu'il n'y a plus qu'à marcher avec courage ; le succès me paraît tellement certain que je n'hésiterais pas à diriger les essais encore nécessaires, à titre de conseil bien entendu, et à prendre la responsabilité morale d'une Organisation de Transport à long parcours (1) avec Distribution automatiquement réglée, sous les principales formes de l'Energie.

(1) J'emploie avec intention l'expression *long parcours*, parce que, même sans puissance naturelle disponible, une Organisation desservant une grande ville se trouverait dans les mêmes conditions théoriques qu'une Organisation à *grande distance* et dans d'excellentes conditions économiques comme Industrie.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Remplacement de la vapeur d'eau comme force motrice. — Transmission à distance par la vapeur. — Procédé pour la mesure de la flexion d'un pont. — Emploi du sucre dans la fabrication des mortiers. — Le gaz naturel aux États-Unis. — Une réparation rapide.

Remplacement de la vapeur d'eau comme force motrice. — Les *Transactions* de la Société américaine des Ingénieurs mécaniciens contiennent un intéressant travail de M. Georges-H. Babcock sur le remplacement dans les machines thermiques de la vapeur d'eau par d'autres vapeurs ou fluides gazeux et les chances d'avenir que peut présenter cette substitution.

Nous rappellerons à cette occasion que notre collègue M. D. Stapfer a publié il y a quelques années, dans les Bulletins de la *Société scientifique industrielle de Marseille*, une note très remarquable sur cette question (voir Chronique de Juin 1881, p. 666).

M. Babcock passe successivement en revue les machines à vapeur d'alcool, de bi-sulfure de carbone, les machines à vapeurs combinées de Dutrembley, les machines à acide carbonique et à ammoniaque, les machines à mélange d'air et de vapeur dont l'appareil Warsop est un exemple, les machines à air chaud et les machines à gaz.

Voici les conclusions auquelles arrive l'auteur:

Dans toute machine utilisant la chaleur pour la production du travail moteur, il faut : 1° un fluide intermédiaire; 2° une source de chaleur; 3° un milieu pour recevoir le calorique non utilisé. Pour la transformation du calorique en travail, il faut que le fluide reçoive ce calorique à une température et abandonne à une température inférieure le calorique non utilisé. La différence de ces deux températures constitue une chute, et la machine serait parfaite si tout le calorique correspondant à cette chute était converti en travail.

Sadi Carnot est le premier qui ait posé dès 1824 le principe, maintenant universellement admis, que le rapport de l'effet utile à la chaleur totale ne dépend que des températures auxquelles le calorique est admis et rendu et est indépendant de la nature du fluide employé comme intermédiaire. On ne connaissait pas alors la théorie de la transformation de la chaleur en travail, et Carnot supposait que la totalité de la chaleur contenue dans la vapeur d'une chaudière alimentant une machine devait se retrouver dans le condenseur. Les recherches ultérieures de Joule, Rankine et autres ont conduit aux propositions suivantes :

1° Dans toute machine thermique, l'effet utile maximum en kilogrammètres ou en pour cent est dans le même rapport avec la chaleur totale employée exprimée dans la même unité que la chute de température avec la température absolue à laquelle la chaleur est reçue ;

2° Dans toute machine thermique, la perte de chaleur est à la chaleur totale dépensée dans le même rapport que la température finale et la température initiale, toutes les deux comptées à partir du zéro absolu.

On peut exprimer ces deux principes sous forme algébrique comme suit :

$$U = H \frac{t_1 - t_2}{t_1}$$

ce qui pour $H = 1$ donne la relation

$$U = \frac{t_1 - t_2}{t_1}$$

et

$$L = H \frac{t_2}{t_1}$$

ce qui pour $H = 1$ donne $L = \frac{t_2}{t_1}$; mais comme on a $L + U = 1$, on arrive à

$$U = 1 - \frac{t_2}{t_1} \text{ ou } U = \frac{t_1 - t_2}{t_1}$$

expression déjà trouvée plus haut.

Il est nécessaire ici de faire remarquer qu'il semble résulter des expressions employées, que la chaleur latente est nécessairement perdue, autrement dit que si tout le calorique fourni était employé en élévation de température, sans qu'une partie passât à l'état latent (employée un changement d'état physique du corps), on pourrait utiliser une beaucoup plus grande proportion de la chaleur. C'est cette idée qui a donné naissance à la plupart des recherches relatives au remplacement de la vapeur d'eau par d'autres fluides.

Pour faire voir l'inexactitude de cette idée, il suffit de supposer une machine dans laquelle on emploierait de la vapeur comme gaz sans dépense de chaleur latente et de comparer l'effet obtenu avec celui d'une machine ordinaire où la chaleur latente employée à vaporiser l'eau passe ensuite au condenseur.

Au moyen d'un calcul dans le détail duquel nous n'entrerons pas, M. Babcock trouve que la première fonctionnant dans le cycle de Carnot avec des températures initiale de 160 degrés et finale de 40 aurait un rendement de 0,28 et dépenserait théoriquement 39 kilogr. de vapeur par cheval et par heure, alors qu'une machine à vapeur ordinaire

qui est très imparfaite, peut fonctionner avec 7 kilogrammes de vapeur, soit moins du cinquième du chiffre précédent.

La chaleur latente doit être considérée comme une source d'énergie aussi bien que la chaleur sensible et un moyen d'emmagasiner le calorique aussi bien que l'autre.

On peut également placer ici une observation due à Carnot et que l'hypothèse de l'immatérialité du calorique n'empêche pas d'être exacte.

Si on considère une roue hydraulique alimentée par un réservoir qu'on assimilera à la température initiale, l'eau sortant de la roue aboutissant plus ou moins rapidement au niveau de la mer qu'on considérera comme le zéro absolu, il est évident que le maximum d'effet utile sera mesuré par le poids Q d'eau tombant dans l'unité de temps du niveau supérieur au niveau inférieur, correspondant à t^1; si la distance de la roue au niveau de la mer est équivalente à t_2, l'effet utile est Q $(t_1 - t_2)$, mais l'énergie totale est Q t_1, de sorte que le rendement est exprimé par $\frac{t_1 - t_2}{t_1}$.

Or, la quantité Q peut représenter la chaleur latente, alors que les hauteurs de chute t_1 et t_2 seront des températures.

Si alors Q est nul, on n'aura aucune énergie disponible, pas plus que si Q représentait une chaleur sensible.

On peut donc conclure que :

1° L'effet utile ne peut correspondre au calorique total absorbé que si la température finale est le zéro absolu, auquel cas la température d'admission du calorique est sans influence;

2° Pour une température finale donnée, plus la température d'admission sera élevée, plus grande sera la proportion de la chaleur utilisée;

3° Il est plus important d'abaisser la température finale que de relever la température initiale.

Il y a toutefois en pratique des limites assez étroites à ces variables.

1° La température finale ne peut être inférieure à celle du milieu où le fluide moteur est rejeté, et en réalité elle doit être un peu supérieure. En pratique on ne peut trouver de milieu plus froid que l'eau dont la température est en moyenne de 15 degrés, soit 288 absolus;

2° La température d'admission ne peut être plus élevée que les températures de combustion et surtout elle est limitée par la nécessité de ne pas altérer les surfaces des capacités où agit le fluide moteur;

3° Les pressions déterminées par ces températures doivent pouvoir être supportées avec sécurité par les capacités formant la machine; mais, en général, la limite de température est atteinte bien avant la limite de pression; il n'est fait exception que pour quelques corps, tels que le mercure, l'essence de térébenthine, etc.

Il est évident que, si les limites pratiques de température sont les mêmes pour toutes les vapeurs, le fluide ayant la température la plus élevée à la pression limite, sera, toutes choses égales d'ailleurs, le plus avantageux. C'est la vapeur d'eau qui remplit le mieux cette condition, et on ne voit pas pourquoi on en chercherait d'autres qui, loin de présenter des avantages à d'autres points de vue, lui sont, au contraire, bien inférieures à cet égard, notamment si on considère le prix, la sécurité, etc.

Cependant, si on voulait reproduire le système des vapeurs combinées, il faudrait chercher un liquide se vaporisant à une température supérieure à celle de l'eau, et non inférieure comme on l'a fait jusqu'ici. On pourrait ainsi avoir une température initiale plus élevée et, par suite, une chute totale plus grande ; mais il resterait à voir si la perte par le foyer pour la vaporisation du liquide ne compenserait pas l'avantage cherché.

Il ne semble pas dès lors qu'on doive chercher parmi les vapeurs le remplaçant de la vapeur d'eau, mais plutôt parmi les gaz permanents. La nature a mis à notre disposition en quantités illimitées l'air atmosphérique qui a plusieurs avantages au point de vue du problème qui nous occupe. On peut le chauffer à des températures très élevées avant d'atteindre la limite de pression, Il est mauvais conducteur de la chaleur et ne se liquéfie pas par le refroidissement. Comme il est éminemment comburant, on peut le faire servir à brûler le combustible en vase clos et éviter la perte due au foyer et à la cheminée. Enfin, on peut recueillir une partie de la chaleur rejetée, au moyen de régénérateurs.

Il est vrai que, par contre, l'air présente des inconvénients, tels que sa faible pesanteur spécifique, la nécessité de lui appliquer préalablement une action mécanique pour lui donner une pression initiale, etc.

(A suivre.)

Transmission à distance par la vapeur — Le professeur I.-H. Merivale a communiqué à l'Institut des Ingénieurs du Nord de l'Angleterre une note sur l'emploi de la vapeur à grandes distances.

Actuellement, aux houilles de Broomhill, une machine placée au fond reçoit de la vapeur venant d'une chaudière installée au jour à 1,320 mètres de distance.

L'auteur a fait de nombreuses expériences sur cette installation. La conduite est en tuyaux de 0 m. 125 pour une partie, et de 0 m. 062 pour la plus grande ; ces tuyaux sont couverts avec de la composition Wormald. L'eau de condensation recueillie dans des purgeurs automatiques donne une proportion de 21 pour 100 de la quantité totale d'eau d'alimentation.

Le mémoire examine la question de la perte de la chaleur par le refroidissement extérieur et celle de la perte par frottement. Les con-

clusions pour la première sont : que la formule de Dulong donne des résultats suffisamment exacts pour la pratique ; pour la seconde, l'auteur conseille l'emploi de la formule de Darcy pour l'écoulement de l'eau modifiée pour la vapeur.

Au point de vue pratique, il y a des précautions à prendre, notamment pour l'écoulement de l'eau condensée et pour la dilatation. Avec les basses pressions, de simples presse-étoupes suffisent ; mais avec des pressions élevées, il est préférable d'employer des disques en cuivre ondulés.

En somme, l'emploi de la vapeur à des distances de 1,000 à 1,500 mètres est économique. A Broomhill, on perd 21 pour 100 de vapeur par condensation et une livre de pression par 100 yards, ce qui équivaut à 0 kg. 77 par kilomètre.

A New-York, d'après M. Emery, avec un réseau de 8 kilomètres de grosses conduites de 0^m. 125 à 0^m. 400 de diamètre et 3 kilomètres de tuyaux de 0^m. 075, on a par heure 2,000 litres environ d'eau de condensation, soit de 2 à 3 pour 100 du poids de vapeur en circulation ; la perte de pression avait été estimée à 0 kg. 900 par kilomètre : elle s'est jusqu'ici maintenue notablement au-dessous de ce chiffre.

Avec des enveloppes, en métal poli dont la dépense serait justifiée dans les endroits où le charbon est cher, on obtiendrait des résultats encore plus avantageux. Une transmission à air comprimé donnerait certainement lieu à une plus grande perte de travail. Il n'y a guère que l'emploi de câbles sans fin qui serait plus économique, mais il est à peu près impossible de s'en servir dans une mine. Dans certains endroits, on s'est servi des chaînes des traînages mécaniques pour actionner des pompes : ainsi, dans le district de Horsley, on a actionné ainsi une pompe placée à 3,200 mètres de la machine motrice. La transmission absorbait à peu près 60 pour 100 du travail total.

On a objecté, avec assez de raison, que l'emploi de tuyaux de vapeur dans des galeries de mines pouvait présenter un grand danger en cas de rupture de ces tuyaux, accident assez probable, par suite de l'irruption de la vapeur. Il n'en est pas moins vrai qu'en dehors du cas spécial des mines, l'emploi de la vapeur comme moyen de transmission de force à grande distance n'a probablement pas encore atteint sa dernière expression.

Procédé pour la mesure de la flexion d'un pont — On a employé récemment en Russie un procédé ingénieux pour apprécier les flèches prises par un pont dans un cas où on ne pouvait pas se procurer de point fixe dans l'intervalle des piles. Il s'agissait d'un pont de la ligne de Koslow à Rostow, franchissant un cours d'eau de très grande profondeur où il aurait été trop coûteux d'établir des échafaudages.

On établit le long d'une des poutres, reposant sur des bouts de cornières fixées à la semelle inférieure, un tube en fer de 40 millimètres de diamètre. Sur ce tube, on avait soudé au droit de chaque pile et culée, et à cinq endroits intermédiaires de chaque travée, des bouts de tubes verticaux de même diamètre, terminés par un tube de verre de 20 millimètres de diamètre portant une échelle graduée.

La graduation était disposée de manière que le zéro fût partout à la même distance de la semelle de la poutre, de sorte que, lorsque cette semelle se trouvait dans la position horizontale, tous les points zéro étaient en ligne droite. Avant l'épreuve, on remplit le tube d'eau jusqu'aux zéros, et une fois le pont chargé, la marque à laquelle le niveau d'eau se trouvait dans chaque tube donnait immédiatement la flèche à ce point.

Emploi du sucre dans la fabrication des mortiers — On a fait depuis quelque temps un certain bruit sur l'influence que l'introduction du sucre dans les mortiers aurait sur leur qualité. Il paraîtrait que, si on mêle, par parties égales, du sucre en poudre et de la chaux également en poudre, on obtient par l'addition d'eau un ciment d'une très grande dureté.

Les journaux anglais indiquent que l'emploi du sucre dans les mortiers est connu, pour ainsi dire, de toute antiquité dans l'Inde.

Au siècle dernier, lorsque Hyder-Ali assiégeait Madras, les défenseurs improvisèrent des murs de fortifications en briques, lesquels subsistèrent jusqu'en 1859 ; à cette époque, on dut les démolir, et on n'y parvint qu'avec les plus grandes difficultés ; les briques faisaient corps avec le mortier dont on ne pouvait les détacher. On a retrouvé dans les archives des documents indiquant que ce mortier avait été fait avec un mélange de sucre brut, de chaux de coquilles et de sable de rivière. On fait encore aujourd'hui à Madras des enduits très résistants avec un ciment contenant du sucre. On dit que l'introduction du sucre dans le plâtre de Paris donne de très bons résultats pour la confection de modèles qui ont ainsi plus de dureté et de poli.

Nous ajouterons que dans un article intitulé : « Notions générales sur les mortiers, » publié dans le numéro du 1er décembre 1828 du *Journal du Génie civil, des Sciences et des Arts*, se trouve la phrase suivante : « Des Américains ont assuré à M. de la Faye qu'ils ont employé avec le plus grand succès de la *mélasse* dans le mortier préparé pour des aqueducs ou des bassins. » La mélasse doit avoir une action très analogue à celle du sucre brut.

Le gaz naturel aux États-Unis. — Il y a deux ans, il n'y avait aux États-Unis que six usines métallurgiques, forges ou laminoirs, utilisant le gaz naturel comme combustible. On en compte actuellement

68, et 16 autres se préparant à employer ce nouveau moyen de chauffage. Tous les établissements métallurgiques du district d'Allegheny, au nombre de 55, n'emploient pas d'autre combustible que le gaz naturel.

Bien qu'on n'ait encore aucune crainte au sujet de l'épuisement des sources de gaz naturel, on commence cependant à se préoccuper de mettre fin au gaspillage insensé qui s'est fait jusqu'ici de ce précieux combustible et à prendre des dispositions pour éviter les pertes nombreuses et considérables qu'on laissait se produire sans aucun obstacle.

Une réparation rapide. — Au mois de janvier dernier, à l'arrivée à New-York du steamer transatlantique *Alaska*, on s'aperçut, en visitant la machine, que le piston du grand cylindre était entièrement fendu ; après examen attentif, on reconnut qu'il était impossible de songer à entreprendre la traversée de retour dans ces conditions et qu'il fallait remplacer ce piston dont le diamètre est de 100 pouces anglais (3^{m}. 05) et l'épaisseur de 0^{m}. 407. Il n'y avait pas de temps à perdre pour ne pas manquer la date du départ.

Le mardi, 18 janvier au soir, la commande d'un piston neuf fut donnée aux Delamater Iron Works, à New-York. A 7 heures du soir, les gens de l'usine vinrent à bord prendre les mesures nécessaires ; le mercredi, à 7 heures du matin, les trousses étaient envoyées à la fonderie et on commençait le moule ; le piston fut fondu le vendredi, à 5 heures du soir, et on le laissa refroidir le samedi. Le dimanche, à 7 heures du matin, on le mettait sur le tour et le lundi, à 6 heures et demie du soir, il était entièrement ajusté et porté à bord où à 9 heures, le même soir, il était en place ; le lendemain matin, à 5 heures, le navire prenait la mer pour sa traversée de retour. Ce piston pèse 5,900 kilogrammes.

L'*American Machinist* fait observer que, vu les dimensions de la pièce et l'absence de modèles, on peut considérer un travail de ce genre accompli dans ce délai, comme un fait remarquable. On ne dit pas ce qu'a coûté le piston, mais il est certain que quel qu'ait été le montant de la facture de l'usine, ce n'aura pas été cher relativement à ce qu'aurait coûté à la Compagnie Guion l'impossibilité où se serait trouvé le navire de repartir à la date réglementaire.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

DÉCEMBRE 1886.

Rapport de M. PASTEUR sur les **Études** de M. HANSEN **relatives aux levures alcooliques.**

Les travaux de M. Hansen se rapportent principalement à la préparation des levures pures, c'est-à-dire non seulement exemptes de microbes, ferments, etc., mais aussi privées des cellules des levures dites sauvages. Ces préparations ont rendu des services nombreux à la brasserie dans divers pays.

Rapport de M. LAVALARD sur un travail de M. DELAMOTTE, vétérinaire militaire, intitulé : **la Péripneumonie contagieuse.**

L'importance de ce travail peut s'apprécier par le fait que la péripneumonie contagieuse cause de grands ravages en France. Ainsi on voit, d'après le bulletin sanitaire de juillet 1886, publié par le Ministère de l'Agriculture, que dans 14 départements, 69 communes ont eu 106 étables infectées, et dans ce laps de temps, 180 bêtes bovines ont dû être abattues comme atteintes de péripneumonie.

Le rapport de M. DELAMOTTE, fait au nom d'une commission de vétérinaires militaires délégués par M. le Ministre de l'Agriculture en 1884, comprend la symptomatologie, le diagnostic général, le diagnostic différentiel et l'anatomie pathologique de la péripneumonie bovine ; de plus il étudie l'inoculation préventive qui a donné des résultats très complets dans le département des Basses-Pyrénées.

Rapport de M. LAVALARD, sur le **système d'étrier** de M. CHARDONNEREAUX.

C'est un étrier qui s'ouvre de lui-même par la pression du pied en cas de chute du cavalier.

Régime commercial des colonies françaises, par M. Édouard SIMON.

Documents de statistique commerciale, dressés par M. Ch. MARTEAU, président de la Société industrielle de Reims.

L'**Horlogerie mécanique américaine,** par M. L. WALDO. (Extrait du *Journal of the Society of Arts.)*

Expériences sur les explosions des chaudières à vapeur. (Traduit du *Wochenschrift der Osterreischischen Ingenieur und Architekten Vereine.)*

Expériences de transport de force au moyen de machines dynamo-électriques couplées en série, par M. Hippolyte FONTAINE. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Le bateau électrique « le Volta ». (Traduit de *The Electrician.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

OCTOBRE 1886.

Construction des ponts du Castelet, de Lavaur et Antoinette, par M. SÉJOURNÉ, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ce travail forme une monographie très complète de trois voûtes de 41^{m},20, 61^{m},50 et 50 mètres d'ouverture exécutées de 1882 à 1884 :

Sur l'Ariège, au Castelet, près d'Ax (ligne de Tarascon à Ax) ;

Sur l'Agoût, à Lavaur et près de Vielmur (pont Antoinette) (ligne de Montauban à Castres).

Ces trois ponts sont à une seule arche, solution autorisée par l'incompressibilité du sol de fondation ; les voûtes sont en arc de cercle à culées perdues.

Le mémoire entre dans les plus grands détails sur les calculs du pont, l'exécution des travaux et le prix de revient.

On y trouve comme annexe une statistique des voûtes en maçonnerie de 40 mètres de portée et au-dessus. D'après ces documents, il n'existerait que trois voûtes en maçonnerie de 60 mètres et au-dessus, lequelles seraient le pont de Trezzo, en Lombardie, de 72^{m},25 d'ouverture, le pont de Cabin John, aux États-Unis, de 67^{m},10, et le pont de Lavaur, un de ceux qui font l'objet du mémoire, de 61^{m},50.

Viendraient ensuite 9 ponts de 50 à 60 mètres, et 43 de 40 à 50 mètres.

Il est bon d'ajouter que le pont de Trezzo sur l'Adda, construit par le duc de Milan Barnabo Visconti, de 1370 à 1377, a été détruit en en 1416, et qu'on ne le connaît guère que par des projets de restitution.

Novembre 1886.

Notice sur **la Vie et les Travaux de M. de Saint-Venant,** Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, membre de l'Institut, par M. J. Boussinesq, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences de Paris, et M. Flamant, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Rapport sur les **Expériences de M. Marcel Deprez**, relatives au transport de la force entre Paris et Creil, par M. Maurice Levy, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, membre de l'Institut.

C'est le rapport qui a été présenté par l'auteur à l'Académie des Sciences, dans la séance du 2 août 1886.

Note sur un **Contrôleur automatique de la marche des trains**, par M. Bricka, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Il s'agit d'un appareil imaginé par M. Metzger, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, et en expérience, depuis quelques mois, sur les lignes de l'État.

Le principe de cet appareil est que, l'intervalle de deux stations étant partagé en un certain nombre de sections, et un transmetteur étant placé à chaque point de séparation de deux sections consécutives, au moment où un train passe devant l'appareil, celui-ci envoie dans des cloches électriques distribuées le long de la ligne et dans des récepteurs placés à chacune des stations extrêmes des signaux qui lui sont spéciaux et qui indiquent sa position sur la voie. Toute la transmission s'opère par un seul fil.

Le train agit sur le transmetteur par un appareil de contact qui consiste en une pédale formée d'un système multiplicateur dont le petit bras s'appuie sur la partie inférieure du rail, dont la flexion sous le passage du train, si faible qu'elle soit, suffit pour faire appuyer le grand bras de levier sur un contact qui établit la communication électrique. Seulement il n'y a que le passage du premier essieu du train qui agit, car immédiatement une dérivation du même courant interrompt la communication entre la pile et la pédale. Un mouvement d'horlogerie remet le commutateur dans la position primitive au bout de cinq minutes, temps jugé nécessaire pour le passage des trains les plus longs.

Les cloches n'offrent rien de particulier, les récepteurs de stations sont d'une construction spéciale et comportent des enregistreurs qui donnent les indications relatives à la position des trains. Ces enregistreurs peuvent, au besoin, être mis en communication avec les signaux avancés des gares.

Notice sur les **Treuils de manœuvre des portes d'écluses du canal du Centre**, par M. FONTAINE, Ingénieur en chef des Ponts Chaussées.

Ces treuils, imaginés par M. Moraillon, conducteur principal faisant fonctions d'ingénieur, se composent d'un cylindre creux en fonte sur lequel s'enroule la chaîne et dont l'axe repose sur un support à pivot, de sorte que le treuil s'oriente toujours dans la direction nécessitée par la position de la béquille sur laquelle agit la chaîne. Le treuil est actionné par un volant en fonte muni de poignées.

Note sur le **Remplacement des câbles d'amarre** de la rive droite du pont suspendu de Saint-Christophe, par MM. BAUM, Ingénieur en chef, et HERPIN, Ingénieur ordinaire des Ponts et Chaussées.

Nous indiquerons rapidement le principe du mode de remplacement de ces câbles que l'oxydation avait réduit, dans leur partie basse, à une section qui n'était pas suffisante pour la sécurité.

Les deux câbles de tête ont été coupés à $2^{m},50$ avant leur pénétration dans la galerie et séparés en vingt branches formant deux à deux dix boucles qui embrassent une pièce en acier doux de $0^{m},16$ de diamètre sur $2^{m},40$ de longueur, dite goujon de réunion centrale. Cette pièce disposée dans un plan vertical est retenue vers la galerie par onze câbles d'amarre fixés chacun à un culot en fonte au moyen du procédé connu qui consiste à épanouir l'extrémité du câble dans une cavité tronconique et à couler dessus un alliage fusible qui en se solidifiant produit le coinçage du câble. Le culot en fonte sert à l'assemblage d'un étrier qui embrasse le goujon de réunion et dont les branches filetées permettent de donner du serrage pour régulariser la tension du système. Ces câbles d'amarre contournent les massifs d'ancrage sur lesquels ils s'appuyent par des coussinets en fonte et vont se rattacher de la même manière que ci-dessus à un goujon de réunion symétrique au premier.

Cette réparation exécutée par notre collègue M. Arnodin, spécialiste en matière de ponts suspendus, a coûté environ 30,000 francs.

Rapport sur **le règlement belge du 28 mai 1884**, concernant l'emploi et la surveillance des appareils à vapeur et sur sa comparaison avec le décret français du 30 avril 1880, par M. JULIEN, ingénieur en chef des Mines.

Ce rapport a été déjà publié dans les *Annales des Mines* (voir compte rendu de Décembre 1886, page 810).

ANNALES DES MINES

5me livraison de 1886.

Rapport présenté à la **Commission centrale des machines à vapeur**, au nom de la Sous-Commission chargée d'étudier la la question de la **réglementation des récipients de gaz sous pression**, par M. A. MICHEL-LEVY, Ingénieur en chef des Mines.

A la suite d'un accident survenu en 1880, au dépôt de la Compagnie des tramways de Nantes, le Ministre des travaux publics demanda l'avis de la Commission centrale des machines à vapeur sur la question de savoir si l'emploi de l'air comprimé devait être soumis à une réglementation générale.

La Sous-Commission a pensé que, dans l'état actuel, l'emploi des réservoirs de gaz comprimés en usage sur les chemins de fer, les tramways et le gaz portatif, n'est pas assez répandu pour que la question présente des caractères d'urgence et de danger public et impose une solution immédiate.

Elle a donc émis l'avis, adopté par la Commission centrale, que, dans l'état actuel, il n'y a pas lieu de soumettre à une réglementation générale les récipients de gaz sous pression, qu'il convient toutefois de recommander aux industriels intéressés de soumettre à une épreuve préalable, analogue à celle des récipients à vapeur, les récipients de 1.200 litres et au-dessus, et enfin de les munir d'appareils équivalant à des soupapes de sûreté.

Ce rapport a pour annexe une note de M. Hirsch, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, sur le travail dégagé dans l'explosion d'un récipient chargé d'eau chaude ou de gaz à haute pression.

En faisant la comparaison du travail dégagé dans les deux cas, M. Hirsch trouve que, à volume égal, c'est-à-dire pour 1,000 litres de gaz comprimé, et 1,000 kilogrammes d'eau chaude, les pressions initiales qui donneraient les mêmes effets mécaniques au moment de l'explosion, seraient en kilogramme par centimètre carré.

Gaz comprimé :	5	10	20	30	40	50	60
Eau chaude :	0,07	0,15	0,34	0,55	0,77	1.00	1.26

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1885.

Les accidents ont été au nombre de 25, ayant causé la mort de 34 personnes et des blessures à 33.

Par espèces d'appareils, on trouve 11 accidents arrivés à des chaudières à foyer extérieur, 4 à des chaudières à foyer intérieur, 9 à

des récipients et 1 à un appareil ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

Au point de vue des causes premières des accidents, on en trouve 5 attribuables à des conditions défectueuses d'établissement, 9 à des causes défectueuses d'entretien, 16 à un mauvais emploi des appareils et 2 à des causes ne rentrant pas dans les précédentes, avec cette observation que, si le nombre total des causes premières est supérieur au nombre des accidents, cela tient à ce que le même accident a quelquefois été attribué à plusieurs causes réunies.

Etude sur le bassin houiller de Waldenburg (Basse-Silésie), par M. L. BOCHET, Ingénieur des Mines.

Ce bassin a été très peu décrit, même en Allemagne, bien qu'il ait une assez grande importance. Cette étude est faite principalement au point de vue géologique.

Notice nécrologique sur M. TOURNAIRE, Inspecteur général des Mines, par M. CASTEL, Inspecteur général des Mines.

Etude sur les **Salines de Roumanie**, par M. Maxime PELLÉ, Ingénieur des Mines.

L'industrie des salines a pris un notable développement en Roumanie ; en 1864, on y produisait 45,000 tonnes de sel ; la production s'est élevée en 1880 à 80,000 tonnes. Il y a quatre salines principales ; une seule, celle de Doftara produit, à peu près la moitié du total.

A l'origine, on n'y employait guère que des forçats ; mais on a depuis amélioré considérablement l'exploitation et l'outillage, et on peut s'attendre à ce que la création d'industries accessoires développera encore cette production.

Etude sur **les gisements de minerai de fer du centre de la France**, par M. de GROSSOUVRE, Ingénieur des Mines.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE DÉCEMBRE 1886.

Notice nécrologique sur M. le docteur PENOT, par M. Ernest ZUBER.

Note sur **quelques installations nouvelles** faites a l'hospice civil de Mulhouse, par M. Gustave DOLLFUS.

Ces installations nouvelles faites à l'hospice civil de Mulhouse, qui comporte une population moyenne de 600 personnes, comprend : 1° une

cuisine ; 2° une buanderie avec repassage et séchoirs ; 3° des bains et des douches, 4° un appareil de désinfection.

Le chauffage est opéré par la vapeur fournie au moyen de deux chaudières verticales à tubes de 20 mètres carrés de surface de chauffe chacune, timbrées à 6 kilogr. ; des appareils Orvis assurent la combustion sans fumée des houilles de Sarrebruck.

Les bains ne présentent rien de particulier ; ils comportent 7 cabinets contenant 11 baignoires et une piscine, ainsi que des bains de vapeur.

La cuisine est du système Becker, comprenant une série de caisses en tôle plombée à enveloppes isolantes, à la partie supérieure desquelles se trouve une plaque percée d'ouvertures où se placent de grandes marmites en tôle ou en cuivre étamé. Celles-ci plongent dans l'eau qui est chauffée par la vapeur à une température constante de 90 degrés.

Avec ces appareils, la cuisine est faite d'une manière continue. Dès la distribution pour un repas opérée, les marmites sont rincées et lavées au moyen d'un jet d'eau, on ouvre un robinet de vidange placé à la partie inférieure. Sans perte de temps, on recharge les marmites pour le repas suivant, et on introduit la vapeur pour ramener le bain à 90 degrés.

Il y a 3 marmites de 200 litres pour la soupe, les légumes et les viandes, 2 marmites de 150 litres pour le lait, 2 marmites de 100 litres pour le café. Ces dernières sont mobiles et peuvent être remplacées par 5 petites marmites de 40 à 10 litres pour la cuisson de portions spéciales, et enfin un petit foyer à feu nu, ayant une plaque de 1 mètre carré et une série de trois fours, sert à faire les préparations exigeant une température plus élevée que celle du bain-marie.

La buanderie comporte de grandes cuves en maçonnerie pour le trempage, des lessiveuses, deux machines à laver, une rinceuse et une essoreuse.

Une machine à vapeur de six chevaux met en mouvement les divers appareils.

Le désinfectoir est établi sur le principe de M. Schimmel de Chemnitz. Il se compose d'une chambre maçonnée en briques, avec revêtement extérieur en briques de liège. Sur le devant est une porte qui permet d'y introduire un chariot sur lequel se posent les matelas et autres objets à désinfecter.

L'intérieur de la chambre est porté à 90 degrés au moyen d'une grande surface de tuyaux à ailettes chauffés à la vapeur. Une fois la température obtenue, on ouvre le clapet d'une cheminée d'appel, et on introduit la vapeur dans la chambre close ; comme les surfaces sont déjà chaudes, il n'y a pas de condensation et on obtient une température voisine de 100 degrés.

Note sur **les briques de liège** de MM. Grunzweig et Hartmann, de Ludvisgshafen, par M. A. LALANCE.

Ces briques sont faites avec des déchets de liège agglomérés et employées comme matière isolante. On obtient ainsi une très grande efficacité jointe à une très grande légèreté. Le prix n'en est pas excessif, et la durée parait devoir être très longue.

On emploie surtout ces briques dans les brasseries pour le revêtement des cuves frigorifiques et pour les glacières ; elles ont également l'avantage, sinon d'être absolument incombustibles, du moins de ne pas dégager de flammes.

Rapport de l'année 1885-1886 sur **l'École d'art professionnel** de jeunes filles, par M. Alfred FAVRE.

Note sur un **foyer à feu continu**, par M. A. ROSENSTIEHL.

Le foyer est constitué par une chambre prismatique dont les parois de maçonnerie présentent cinq espèces d'ouvertures.

1° Ouverture de chargement :
2° Ouverture pour les produits de la combustion ;
3° Ouverture du cendrier ;
4° Orifices d'accès d'air dans la chambre ;
5° Orifice d'accès d'air dans le carneau.

Ce foyer peut contenir la quantité de charbon nécessaire au chauffage pendant 24 heures en hiver. Si on ouvre tous les accès d'air, on peut brûler 10 à 12 kilogr. de charbon à l'heure, ce qui est nécessaire pendant la période de mise en feu du matin, tandis que, dans la journée, un seul trou étant ouvert, la combustion se maintient entre 5 et 7 kilogr. à l'heure ; si on ferme tous les orifices, l'air n'entre plus que par les joints et la combustion descend à 1 kilogr. de charbon par heure, allure qui correspond au chauffage de nuit.

Le fourneau peut rester allumé toute la saison ; le feu ne s'y éteint pas ; de plus la combustion est complète et les houilles les plus grasses ne produisent pas de fumée.

Mémoire sur une méthode **d'analyse qualitative des matières colorantes artificielles**, par M. Edouard WEINGARTNER, assistant à l'École de chimie de Mulhouse.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DISTRICT DU SUD-EST.

Séance du 7 novembre 1886.

Notice nécrologique sur M. Gerrard, ingénieur aux houillères de Rochebelle, par M. DE PLACE.

Communication de M. NOUGAREDE sur le **procédé de sondage Fauvel** aux houillères de Bouquiès.

On sait que la particularité essentielle de ce système est le refoulement d'eau sous pression par une tige de sonde creuse.

On a fait à Bouquiès sept sondages dont le plus profond a atteint 177m.50.

L'ensemble des sept sondages donne un prix moyen de 29 francs par mètres de sondage et un avancement moyen de 3 mètres par jour.

Communication de M. OLIVIER sur les **clapets automatiques de retenue** pour chaudières à vapeur.

On sait qu'à la suite d'accidents très graves, l'Administration supérieure des Mines a rendu obligatoire l'emploi de clapets automatiques d'arrêt disposés de manière à éviter, en cas d'explosion d'un générateur, le déversement à l'extérieur de la vapeur d'autres générateurs reliés avec le premier.

Un grand nombre d'appareils ont été présentés pour satisfaire à cette exigence.

La communication contient la description succincte des sytèmes Artige, Guinaud, Pasquier, Belleville, Lethuillier et Pinel.

A la suite d'une discussion dans laquelle ont été présentées diverses objections, il a été rédigé une pétition adressée au Ministre au nom de tous les industriels du district du Sud-Est, pour appeler l'attention de l'administration sur l'inutilité de la mesure et pour obtenir, sinon le rejet, au moins un sursis sur l'application de ce règlement.

Les motifs invoqués sont les suivants :

Si dans certains établissements où des chaudières à vapeur sont accumulées au milieu d'ateliers clos et renfermant un personnel considérable, des dégagements subits et importants de vapeur peuvent créer un danger réel, il n'en est pas de même dans la région du Sud-Est, où les groupes de générateurs sont isolés, souvent en plein air, dans la campagne, et situés à distance de toute agglomération d'ouvriers.

En fait, aucun accident du genre de ceux d'Eurville et de Marnaval, qui

ont été les motifs déterminants de la mesure en question, ne s'y est jamais produit.

La solution désirée n'est pas trouvée par les appareils proposés; elle n'est même pas réalisable. De plus ces appareils pourraient amener des accidents graves; en effet une machine d'extraction pourrait être immobilisée brusquement, ou des freins à vapeur être paralysés au cas où ces clapets viendraient à fonctionner.

Les pétitionnaires espèrent donc que l'administration voudra bien ne pas aggraver la situation déjà peu favorable de leurs industries en leur imposant des mesures coûteuses, inutiles, inefficaces et parfois dangereuses, dont tous leur concurents étrangers sont indemnes.

Discussion sur la **nouvelle loi sur les mines.**

Communication de M. BESSARD sur la question du **graissage des machines.**

L'auteur indique qu'ayant essayé des huiles minérales, il n'a pas obtenu de résultats satisfaisants et qu'il a dû revenir à l'emploi des graisses. Il conseille des graisses composées de suif, d'huile d'olive, de savon blanc et de cristaux de soude, dont le prix de revient est d'environ 68 francs les 100 kilogr.

La substitution de cette graisse à l'huile a amené une économie de plus de 60 0/0.

Mais pour les différents cas qui se présentent pour le graissage, on est obligé d'employer plusieurs espèces de graisses. L'auteur en indique trois : une qui coute 250 francs les 100 kilogr. et est assez molle pour glisser dans les graisseurs sans la moindre pression; une autre, d'origine minérale, qui revient à 125 francs les 100 kilogr., et enfin celle dont il a été question plus haut.

Du reste, quel que soit le système de graissage et les matières employées à cet effet, il est nécessaire d'exercer une surveillance de chaque jour sur l'emploi des lubrifiants, si on veut réaliser des économies sérieuses sur ce chapitre.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 11 Décembre 1886.

Communication de M. CHANSSELLE sur l'**économiseur de combustible de Gosling.**

Cet appareil, applicable aux chaudières types Cornouailles ou Lancashire, avec ou sans tubes Galloway, se compose d'une série de disques placés à une certaine distance les uns des autres dans le tube intérieur de la chaudière ; ces disques sont partie en fonte, partie en terre réfractaire. Leur effet est de distribuer mieux la chaleur sur les sur-

faces de chauffe, en forçant les gaz chauds à lécher pour ainsi dire celles-ci, notamment dans les parties basses où la chaleur a généralement peu d'action.

On obtient également, paraît-il, une amélioration de la combustion. On aurait, d'après certaines constatations, trouvé une économie de 15 à 35 0/0.

Communication de M. Buisson, sur les **clapets de la retenue des chaudières.**

Il a déjà été question plus haut de ces clapets exigés par le décret du 29 juin 1886. La communication donne la description des systèmes Pasquier, Hirsch, de la Compagnie des Aciéries de la Marine, les dispositions Chanier, Labeyrie, March, Clair frères, Broyet et Debort, etc.

Communication de M. le Verrier sur la **fabrication de l'aluminium par l'électricité (procédé Cowles).**

Cette note est reproduite du *Journal of the Franklin Institute*, voir Comptes rendus d'Octobre, page 524.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — 1er *Janvier* 1887.

État actuel de l'Électrotechnique, par le Dr W. Dietrich.

Appareil moteur du navire de guerre *Java*, par P.-L. Heederik.

Observations sur la loi dite des vitesses relatives et son emploi pour l'étude de la résistance des coques de navires au moyen de modèles, par W. Riehn.

Valeur et emploi des scories du procédé Thomas pour l'agriculture, par le Dr A. Frank.

Groupe de Berlin. — Éclairage par incandescence de Auer. — Laminoir à tôle ondulée de Vital Daelen.

Groupe de Chemnitz. — Houillères de V. Arnim, à Planitz.

Patentes.

Bibliographie. — Machines marines, par Carl Busley.

Variétés. — Prix de l'Association des chemins de fer. — Production de fonte brute des États prussiens en 1885. — Accidents survenus dans les mines, en Prusse, pendant l'année 1885.

N° 2. — 8 *Janvier* 1887.

État actuel de l'Électrotechnique, par le Dr W. Dietrich *(fin)*.

Les aciéries de Terni et leurs installations d'éclairage électrique, par H. Cox.

Instruments de précision. — Régulateur de température. — Appareil pour mesurer l'épaisseur des bandages. — Ellipsographe. — Machine à tailler les dents des roues d'angle.

Groupe de Francfort. — Usine de la Compagnie du gaz de Francfort. — Fête du jubilé de l'École technique supérieure de Darmstadt. — Excursion dans le district de la Saar. — Usine de Stumm frères, à Mennkirchen. — Etablissements de la Société des mines de Luxembourg et de la Société des forges de Saarbruck à Burbach.

Patentes.

N° 3. — 15 *Janvier* 1887.

Expériences sur le fonctionnement des clapets de pompes, par C. Bach *(suite)*.

Progrès de l'éclairage électrique par arc, par C. Biedermann.

Résistance des matériaux. — Recherches sur les variations de la résistance de l'acier par le recuit et la trempe.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Machines à broyer. — Destruction de la verrerie Baudoux à Charleroi. — Pierres réfractaires.

Groupe de Francfort. — Excursion dans le district de la Saar *(fin)*.

Groupe de la Ruhr. — Installations du port de Ruhrort.

Patentes.

N° 4. — 22 *Janvier* 1887.

Expériences sur le fonctionnement des clapets de pompes, par C. Bach *(fin)*.

Progrès de l'éclairage électrique par arc, par C. Biedermann *(fin)*.

Un dernier mot sur la première machine à vapeur construite et mise en service en Allemagne, par E. Gerland.

Groupe de Berlin. — Soupape de réduction de la pression de la vapeur de Schaffer et Walcker.

Groupe de Breslau. — Robinet vanne Armstrong de la distribution d'eau à haute pression de Vienne.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel d'analyse chimique par les méthodes de titrage de Fried. Mohr, par A. Classen.— Voies de chemins de fer, par Ferd. Loewe.

Correspondance. — Régulateur à charge par ressorts. — Roues en fer forgé. — Les constructeurs de navires et de machines.

N° 5. — 29 *Janvier* 1887.

Enquête sur la réforme de la loi des patentes d'invention, par E. Becker.

Le moteur à gaz Benzing, par J.-O. Knoke.

Chaudières à vapeur. — Expériences sur la vaporisation. — Soupapes de sûreté. — Écoles de chauffeurs.

Métallurgie. — Le mercure. — L'argent. — L'or.

Groupe du Rhin inférieur. — Service d'avertissement d'incendie de la ville de Dusseldorf. — Nouvelle méthode de clarification des eaux industrielles. — Perfectionnements dans la fabrication et l'emploi du gaz d'éclairage.

Association des chemins de fer. — Le chemin de fer du Pilate.

Patentes.

Bibliographie. — Calendrier graphique relatif à l'éclairage public pour 1887, de F. Lux.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ

EN FRANÇAIS

Académie des Sciences (Comptes rendus de l').
Académie des Sciences de Clermont-Ferrand.
Aéronaute (l').
Annales de la Construction (Nouvelles).
Annales des Chemins vicinaux.
Annales des Conducteurs des Ponts et Chaussées.
Annales des Mines.
Annales des Ponts et Chaussées.
Annales des Travaux publics.
Annales industrielles.
Architecte (l').
Association amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord.
Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale.
Association amicale des élèves de l'École Supérieure des mines.
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège.
Association des Ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand.
Association des propriétaires d'appareils à vapeur.
Astronomie (l').
Avenir (l') des chemins de fer.
Bulletin de l'Institut Égyptien.
Bulletin du tunnel du Simplon.
Bulletin historique et scientifique de l'Auvergne.
Bulletin international de l'Électricité.
Bulletin séricicole français.
Bulletin de la Société des Études Coloniales et Maritimes.
Chambre syndicale des constructeurs mécaniciens de l'arrondissement du Havre.
Charbon (le).

Chronique industrielle.
Comité des Forges de France.
Constructeur (le).
Construction Moderne (la).
Cosmos.
Économiste (l').
Électricien (l').
Encyclopédie d'architecture.
Fer (le).
Génie civil (le).
Houille (la).
Journal d'Agriculture pratique.
Journal de la Compagnie transatlantique.
Journal des Chambres de commerce.
Journal des Chemins de fer.
Journal du Commerce et de l'Industrie.
Journal des fabricants de sucre.
Journal des Mines.
Journal des Travaux Publics.
Journal des Usines à Gaz.
Journal du Céramiste et du Chaufournier.
Journal de l'Éclairage du Gaz.
Journal du Gaz et de l'Électricité.
Journal officiel.
Journal des Transports.
Machines-outils (publication industrielle des).
Mémorandum des chefs d'usine.
Ministère des Travaux Publics (bulletin du).
Monde de la Science et de l'Industrie.
Moniteur de la Papeterie française.
Moniteur des fils et tissus.
Moniteur des Intérêts matériels.
Moniteur des Produits chimiques.
Moniteur industriel.
Nature (la).
Observatoire de Rio-Janeiro (Annales et bulletin de l').
Organe des Mines.
Papeterie (la).
Petites Affiches (les).
Portefeuille économique des Machines.
Revue d'Artillerie.

Revue des Chemins de fer.
Revue générale des Machines-Outils et appareils de Levage.
Revue internationale de l'Électricité.
Revue des Industries chimiques et agricoles.
Revue d'architecture de Belgique.
Revue générale d'Architecture.
Revue générale des Chemins de fer.
Revue horticole.
Revue de la Législation des Mines.
Revue maritime et coloniale.
Revue universelle des Mines et de la Métallurgie.
Semaine des Constructeurs (la).
Semaine financière (la).
Société académique d'Agriculture de l'Aube.
Société académique franco-hispano-portugaise.
Société belge d'électriciens (Bruxelles).
Société de Géographie.
Société de Géographie de Marseille.
Société de Géographie commerciale de Bordeaux.
Société de l'Industrie minérale.
Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.
Société de protection des Apprentis.
Société des Agriculteurs de France.
Société des anciens élèves des écoles d'Arts et Métiers.
Société des Sciences de Lille.
Société des Sciences industrielles de Lyon.
Société de Statistique de Paris.
Société française de Physique.
Société industrielle de l'Est.
Société industrielle de Mulhouse.
Société industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne.
Société industrielle de Reims.
Société industrielle de Rouen.
Société industrielle du Nord de la France.
Société nationale d'Agriculture de France.
Société scientifique industrielle de Marseille.
Société technique de l'Industrie du gaz.
Société vaudoise des Ingénieurs et Architectes.
Société vaudoise des Sciences naturelles.
Sucrerie indigène (la).
Technologiste (le).

Union des Ingénieurs sortis des écoles spéciales de Louvain.
Union géographique du Nord de la France.
Union scientifique (Amiens).

EN ALLEMAND

Annalen für Gewerbe und Bauwesen (Glaser).
Architekten und Ingenieur Vereines im königreiche Böhmen.
Architekten und Ingenieur Vereins für Niederrhein und Westfalen.
Zeitschrift des Architekten und Ingenieur Vereins zu Hannover.
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin).
Dingler's polytechniches Journal.
Oesterreischische Eisenbahn Zeitung.
Wochenschrift des niederosterreischischen Gewerbe vereines.
Organ.
Zeitschrift des oesterreischischen Ingenieur und Architekten Vereins.
Schweizerische Bauzeitung.
Zeitschrift des vereines deutscher Ingenieurs.

EN ANGLAIS

American Academy of Arts and Sciences.
American Engineer.
American Society of civil engineers.
American Institute of mining engineers.
American Institute of mechanical engineers.
American Journal of mathématics.
Boston Society of civil engineers.
Canadian Institute.
Engineer (the).
Engineering.
Engineering club of Philadelphia.
Engineering News.
Franklin Institute.
Indian Engineer (the).
Industrial Review.
Industries.
Institution of civil Engineers.
Institution of civil Engineers and shipbuilders in Scotland.

Institution of mechanical Engineers.
Iron.
Iron and Coal trades Review.
Iron and Steel Institute.
Master Car Builders Association.
Midland Institute.
Navy department (Washington).
North of England Institute of mining Engineers.
Railroad Gazette.
Society of Arts (journal of the.)
Society of Engineers.
Society of telegraph Engineers and Electricians.
United States Naval Institute.

EN ESPAGNOL ET EN PORTUGAIS

Associacion central de Ingenieres industriales.
El Porvenir del Industria.
Revista des obras publicas (Madrid).
Revista des obras publicas e minas (Lisbonne).
Revista Technologica-Industrial.
Société des Ingénieurs portugais.

EN ITALIEN

Atti del Collegio de gli Architetti e Ingenieri (Naples).
Atti della R. Academia dei Lincei.
Atti del Collegio degli Ingenieri et Architetti (Palerme).
Collegio degli Architetti e Ingenieri (Florence).
Esplorazione (l').
Giornale dei Lavori pubblici.
Industria (l').
Memorie della R. Academia (Modène).
Politecnico (il).
Revista di Artiglieria e Genio.
Société des Ingénieurs et Industriels de Turin.

EN HONGROIS, POLONAIS, RUSSE & SUÉDOIS

Ingénieur (Kieff).
Ingénieur (l') (Saint-Pétersbourg).
Ingeniors foreningens forhandlingar.
Magyar mernok ès Epitesz Egylet (Budapesth).
Przeglad techniczny (Varsovie).
Norsk Teknisk Tidskrift.
Teknisk Tidskrift (Stockolm).
Société polytechniqae impériale de Russie.

IMPRIMERIE CHAIX. — 20, RUE BERGÈRE, PARIS. — 1398-7.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

FÉVRIER 1887

N° 2

Sommaire des séances du mois de février :

1° *Garnissage neutre, à base de fer chromé naturel.* Lettres de MM. Rémaury et Jules Garnier. (Séances des 4 et 18 février, pages 185 et 199.)

2° *Décès de M. Gast.* Note par M. Noblot. (Séance du 4 février, page 186.)

3° *Communication téléphonique de Paris à Bruxelles*, par M. Berthon, et *entre la Bourse de Bruxelles et l'Hôtel de la Société.* (Séances des 4 et 18 février, pages 187 et 202.)

4° *Les Travaux actuels du port de Bordeaux et l'amélioration de la Gironde*, par M. Durupt. (Séance du 4 février, page 190.)

5° *Le recuit des Métaux dans une atmosphère réductrice*, par M. Lencauchez. (Séance du 4 février, page 194.)

6° *Destruction de la cheminée de l'Usine de Fécamp.* Lettres de MM. Debar et Colladon. (Séances des 4 et 18 février, pages 197 et 200.)

7° *Banquet commémoratif* de la fondation de la Société. (Séances des 4 et 18 février, pages 198 et 202.)

8° *Médailles d'or* décernées à M. Lencauchez à l'Exposition internationale des Sciences et des Arts industriels, et à M. Fontaine, de Lille, par la Société industrielle du Nord de la France. (Séance du 18 février, page 202.)

9° *La Limitation des heures de travail*, par M. Georges Salomon. (Séance du 18 février, page 202.)

10° *Organisation du marché du Travail*, par M. Benoit Duportail. (Séance du 18 février, page 202.)

11° *Les Lois nouvelles d'assistance ouvrière en Allemagne, en Autriche et en Suisse*, par M. Gruner, et *sur les Lois d'assistance en France, en Angleterre, en Belgique et en Italie*, par M. Cantagrel. (Séance du 18 février, page 205.)

12° *Cinquantenaire des Chemins de fer*. Lettre de M. Aucoc. (Séance du 18 février, page 209.)

13° *Polders et desséchements en Hollande*. Note de M. Huet, ingénieur hollandais, remise par M. J. Fleury. (Séance du 18 février, page 209.)

Pendant le mois de février la Société a reçu :

De M. Étienne Guillemin, membre de la Société, un exemplaire de son *Manuel sur l'inflammation des Mines par l'Électricité ;*

De M. Bandsept, membre de la Société, deux exemplaires d'une note sur une *Nouvelle Forme de lame support pour accumulateurs ;*

De MM. Deligny et Vauthier, membres de la Société, des exemplaires de leur *Lettre adressée à M. le Président de la Commission des chemins de fer ;*

De M. Rémaury, membre de la Société, un exemplaire d'une note de M. Victor Deshayes, sur les *Aciers et Fers fondus obtenus sur sole neutre, procédé Valton-Rémaury ;*

De M. Eugène Leautey, un exemplaire de son ouvrage sur *l'Enseignement commercial et les Écoles de Commerce en France et dans le monde entier ;*

De M. Bouquet de la Grye, membre de l'Institut, un exemplaire de son *Rapport sommaire sur son projet d'un Canal maritime entre Paris et la Mer ;*

De M. Huet, membre de la Société, un mémoire sur *le Laurium en 1885 ;*

De l'administration de la marine des États-Unis : 1° un ouvrage en anglais intitulé : *Report of the Naval Advisory Board on the Mild Steel* ; 2° un ouvrage en anglais intitulé : *Report of the Select Committee on Ordnance and war Ships (with an Appendix) ;*

De M. Fréderick Schwaka, un exemplaire de son ouvrage en anglais intitulé : *Report of a Military Reconnaissance in Alaska made in 1883 ;*

De M. A. Gouvy, membre de la Société, une *Étude sur les Cubilots pour la fusion de la fonte de fer ;*

De M. André Daly, éditeur, un exemplaire d'une brochure de M. Guadet, architecte, à propos du *Nouvel Hôtel des Postes;*

De M. Arthur Thiré, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le *Profil des Cames des Bocards ;*

De M. Bovet, membre de la Société; 1° un exemplaire d'un mémoire sur *l'Industrie minérale dans la province de Minas-Géraès;* 2° un exemplaire d'une note sur l'*État actuel de la législation des mines au Brésil;* 3° un exemplaire d'une note sur *une Exploitation de diamants dans la province de Minas-Géraès (Brésil);*

De M. Raffard, membre de la Société; 1° un exemplaire d'un *Rapport de M. Pihet sur le manchon élastique d'accouplement des arbres de transmission, système Raffard;* 2° un exemplaire d'un *Rapport de M. Collignon sur la transmission funiculaire, système Raffard.*

Du Ministère des Travaux publics, un exemplaire de *l'Atlas des Ports étrangers.*

Du Gouvernement du Bengale, un exemplaire d'un volume intitulé : *Revenue Report of the Public Works department, irrigation Branch, Bengal, 1885-1886;*

De M. P. Planat, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *Pratique de la mécanique appliquée à la résistance des matériaux;*

De M. Georges Salomon, membre de la Société, un mémoire sur *la Limitation des heures de travail;*

De M. Gruner, membre de la Société; 1° un mémoire sur *les Lois nouvelles d'association ouvrière, en Allemagne, en Autriche et en Suisse;* 2° un exemplaire d'un mémoire sur *les Lois d'assistance ouvrière en Allemagne;*

De M. Cantagrel Simon, membre de la Société, une note sur *la Législation des accidents et l'Assistance ouvrière dans certains pays étrangers et en France;*

De M. J. Fleury, membre de la Société, de la part de M. Huet, ingénieur, une note sur *l'Acquisition de terrains dans le Zuyderzée.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Bonnel,	présenté par MM.	Buquet, Contamin et Mathias.
Blum,	—	Brüll, Cotard et Syrig.
Décé,	—	Chapron, Hauet et Wurgler.
Freund,	—	Delpeuch, Guntz et Joyant.
Polonceau,	—	Gottschalk, Loustau et Polonceau.
Porte,	—	Brüll, Benoît-Duportail et Simon.
Rist,	—	Béliard H., Béliard G. et Bougault.
Vinçotte,	—	Carimantrand, Lévy et Mallet.
Waddell,	—	Bouscarin, Corthel et Thurston.
Zemitte,	—	Durupt, Hauet et Moreau.

Comme membres associés :

MM. Cardot,	présenté par MM.	Camus, Carimantrand et Mallet.
Poney,	—	Bousrez, Durupt et Paris.
Van Kalck	—	Carimantrand, Lévi et Mallet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1887

Séance du 4 Février 1887

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. RÉMAURY présente une observation à propos du procès-verbal de la séance du 21 janvier :

N'ayant pas assisté à cette séance, il n'a pu remercier M. Jordan d'avoir bien voulu signaler le garnissage neutre, à base de fer chromé naturel, convenablement choisi et cimenté, que M. Valton et lui emploient, depuis plusieurs années, dans les fours métallurgiques et principalement en vue de la fabrication des aciers et des fers fondus.

Pour les membres de la Société, que cette fabrication pourrait intéresser, M. Rémaury a remis aux archives un article de M. Deshayes paru récemment et relatif à la marche de deux fours Martin aux forges de Tamaris, de la Compagnie d'Alais, où M. Deshayes est ingénieur chef du service de la forge et de l'aciérie ; on trouvera dans cette brochure l'historique et le principe du procédé, avec le roulement pratique de 1885-1886.

M. RÉMAURY tient à signaler une confusion regrettable qui s'est produite au moins dans le dernier compte rendu sommaire, au sujet de ce procédé. Cette confusion résulte d'une revendication de priorité pour l'emploi d'une matière dont MM. Rémaury et Valton ne font pas usage. Ces ingénieurs se servent en effet du *fer chromé naturel* que personne certainement n'a employé avant eux, dans les conditions spéciales et délicates d'agglomération qui leur appartiennent, au contact des scories et des métaux en fusion.

Quant à l'oxyde de chrome, aggloméré au silicate d'alumine, la priorité de l'idée d'employer cette composition comme matière réfractaire aux plus hautes températures, appartient à M. Audouin (brevet du 1er mars 1876, suivi d'une addition datée du 28 juin 1876), qui espérait que ce corps, préparé jusqu'alors assez chèrement, serait bientôt fourni par l'industrie dans des conditions abordables.

En janvier 1881, sous forme d'addition à un brevet pris à la fin de 1880, M. Jules Garnier indiquait, comme *variante* d'un procédé d'affinage *sur sole basique*, la confection d'une première sole faite à volonté soit en alumine ou bauxite, soit en sesquioxyde de chrome, corps préparé d'après un moyen décrit dans l'addition, et aggloméré avec de la soude ou du silicate de soude.

Ce procédé n'a rien de commun avec celui de MM. Rémaury et Valton, ainsi que le reconnaîtront les lecteurs de la brochure de M. Deshayes. Il serait intéressant d'apprendre ce qu'il est devenu depuis 1881.

Le procès-verbal de la séance du 21 janvier est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Girardin et celui de M. Gast. M. Girardin, qui a travaillé successivement avec M. Jordan et avec M. Gottschalk, comptait de nombreux amis dans la Société; il n'était âgé que de 38 ans. M. Gast était ancien élève de l'École Centrale, promotion de 1834.

M. NOBLOT prononce à ce sujet les paroles suivantes :

« Messieurs,

» Je veux payer ici un juste tribut à la mémoire de notre regretté » collègue Gast, mort après une longue carrière de travail et d'hon- » nêteté.

» Gast était mon camarade de promotion à l'École Centrale ; c'est » vous dire qu'il n'était pas jeune. Après avoir passé quelque temps » aux chemins de fer vicinaux, il s'occupa de filature et devint bien- » tôt un des premiers filateurs de France. Il parvint à filer des cotons » au plus haut numéro qu'on ait jamais atteint, le numéro 250, ce qui » est considéré, à juste titre, par les fabricants les plus habiles, comme » un véritable tour de force.

» Il prit modèle sur les Anglais, et, attribuant les résultats remar- » quables obtenus par eux à la constance de la température et de » l'état hygrométrique de leur pays, il construisit sa filature au moyen » de colonnes supportant des voûtes en maçonnerie destinées à empê- » cher les influences atmosphériques de se faire sentir à l'intérieur. » Les résultats furent excellents. Malheureusement, en 1851, un acci- » dent se produisit : un pilier s'affaissa et toute la construction s'abattit, » écrasant sous son poids les machines et les métiers. Gast résolut de » réédifier son usine, et, s'inspirant des conseils du docteur anglais

Your, il réemploya le système des voûtes recouvertes par une couche de terre.

» Son établissement a cessé de prospérer depuis l'annexion, à cause » de l'égalité des droits dont l'Allemagne frappe indistinctement tous » les fils, quel qu'en soit le numéro.

» Il ne faut pas oublier que Gast était un travailleur infatigable et » un patriote ardent.

» Je ne doute pas que vous ne joigniez vos regrets aux miens, car » nous perdons en lui un collègue dévoué, un ingénieur distingué, et » un excellent Français. »

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Noblot d'avoir bien voulu se charger de faire l'éloge de notre regretté collègue Gast.

M. M. Basiliadez a reçu du Roi des Hellènes la croix de l'ordre de la légion du Sauveur.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Berthon, directeur de la Société générale des téléphones, qui veut bien présenter à la Société quelques indications sur la communication téléphonique qui vient d'être établie entre Paris et Bruxelles.

M. BERTHON expose que la nouvelle ligne, d'une longueur de 320 kilomètres, est établie d'après un système tout différent de celui de M. Van Rysselberghe. Le double conducteur qui la compose, est un fil en bronze silicieux de 3 millimètres de diamètre, présentant une conductibilité de 2 ohms 4 par kilomètre, et donnant comme résistance totale du circuit 1,500 ohms seulement. Ce double conducteur est fixé sur les mêmes poteaux que les fils télégraphiques, à l'aide d'un dispositif spécial empêchant les phénomènes d'induction de se produire.

Les résultats obtenus dans les expériences qui ont eu lieu, il y a quelques jours, ont été excellents ; le son de la voix est transmis avec plus d'intensité que dans le réseau de Paris, ce qui tient à la faible résistance électrique de la ligne.

Il pense que le bronze silicieux est destiné à remplacer complètement un jour le fer et l'acier pour la construction des lignes téléphoniques et même télégraphiques.

Il indique que l'on obtient cet alliage en préparant d'abord du cuivre silicieux, c'est-à-dire en produisant la désoxydation du cuivre par le silicium qui a la propriété de le débarrasser complètement de son propre oxyde, l'oxydule, dont les moindres traces diminuent considérablement la conductibilité électrique.

Le cuivre ainsi préparé atteint un degré de conductibilité électrique supérieur à tout autre cuivre.

Il est facile de passer ensuite du cuivre silicieux au bronze silicieux, dont la résistance mécanique est beaucoup plus considérable avec une conductibilité peu inférieure. On procède, pour sa fabrication, en faisant agir sur un mélange de cuivre et de fluosilicate de

potasse, un alliage de sodium et d'étain que M. Lazare Weiller, l'inventeur du bronze silicieux, a appelé étain sodé.

Le bronze silicieux se prête facilement au tréfilage. On en peut faire des fils dont la conductibilité peut varier de 97 à 99 0/0 de celle du cuivre pur, avec une résistance mécanique de 45 kilog. par mill. carré à 20 0/0 avec une résistance mécanique de 110 à 115 kilog. par mill. carré. La résistance mécanique du cuivre est de 28 kilog. par mill. carré.

En comparant les fils de bronze silicieux aux fils d'acier, on trouve qu'un fil de 2 mill. de diamètre, pesant 25 kilog. au kilomètre et ayant une résistance électrique de 40 ohms par kilomètre, peut être remplacé par un fil de bronze silicieux de 1 mill. 10 de diamètre, pesant 8 kilog. 45 au kilomètre et ayant la même résistance électrique de 40 ohms par kilomètre. Le fil de bronze de 3 mill. de diamètre, employé pour la ligne de Paris à Bruxelles, a 2 ohms 4 de résistance électrique et une résistance mécanique de 45 kilog. par mill. carré; il pèse environ 63 kilog. au kilomètre.

M. Berthon décrit les phénomènes d'induction qui se passent au voisinage d'un fil télégraphique, dans un conducteur composé d'un fil d'aller et d'un fil de retour parallèles.

Les courants d'induction produits dans les deux brins du circuit sont de même sens pour chaque brin et, par suite, de sens contraire si l'on considère l'ensemble du circuit; ils s'annulent donc, pas complètement cependant, car les deux brins n'étant pas à la même distance du fil télégraphique, les courants induits qui s'y développent n'ont pas la même intensité.

Pour détruire cette différence, on a, dans la nouvelle ligne, croisé les brins du conducteur à chaque poteau télégraphique, en sorte que, d'un intervalle compris entre deux poteaux consécutifs à l'intervalle suivant, il y a échange de position entre les deux brins du conducteur, relativement à chacun des fils télégraphiques montés sur ces mêmes poteaux. Il en résulte l'annulation complète des courants d'induction.

Les frais d'établissement de la ligne se sont élevés à 100,000 francs environ. C'est là une grosse dépense, pour une recette qui sera faible, bien que le tarif de 3 francs par cinq minutes de conversation paraisse assez élevé; à ces cinq minutes, il convient, en effet, d'ajouter le temps perdu pour la mise en communication, en sorte que le produit de la ligne doit être calculé à raison de 3 francs par quart d'heure.

Le système Van Rysselberghe, consistant à utiliser les fils télégraphiques à la téléphonie, a donné en Amérique, notamment entre New-York et Chicago, de bons résultats, qui, toutefois, ne sont pas comparables à ceux obtenus par le nouveau procédé appliqué entre Paris et

Bruxelles. Il est possible que ce système reçoive des perfectionnements; quoi qu'il en soit, il est appliqué entre Rouen et le Havre (distance 140 kilomètres), où il a donné des résultats si peu satisfaisants qu'il s'est élevé des plaintes à ce sujet au sein des Chambres de commerce de ces villes; il est à souhaiter qu'on lui substitue le nouveau système avec conducteur spécial. La ligne de Paris à Reims (160 kilomètres) est relativement bonne.

L'application du téléphone continue à se généraliser; c'est ainsi que deux fils télégraphiques viennent d'être appropriés, par le système Van Rysselberghe, au service téléphonique entre Paris et Lille, et qu'à la Bourse de Paris on va établir plusieurs cabines pour les communications téléphoniques avec Troyes, Rouen et Le Havre; l'on espère pouvoir relier ainsi entre eux les réseaux des villes.

M. Berthon poursuit son exposé par une description du système Van Rysselberghe : ce système repose sur le fait qu'on peut se servir de deux fils télégraphiques ordinaires pour constituer un circuit téléphonique à double conducteur, à la condition de substituer aux courants brusques, employés pour actionner les appareils télégraphiques, des courants graduels.

Ceux-ci deviennent alors inaudibles dans le téléphone.

Cette graduation s'obtient par l'intercalation, dans le circuit, de petits électro-aimants graduateurs et en les combinant avec des condensateurs.

Condensateurs et électro-aimants agissent ici comme réservoirs d'électricité en absorbant une certaine quantité du courant qu'ils restituent à la rupture du circuit.

On peut reprocher à ce système de ralentir la transmission des dépêches télégraphiques, ce qui en rend l'application difficile avec les appareils à transmission rapide, tels que le Wheatstone et le Baudot.

Il présente l'avantage de l'économie; cependant il faut remarquer que, pour l'établir parallèlement à une voie ferrée, le long de laquelle se trouvent un grand nombre d'appareils électriques (cloches, sonneries d'annonce, électro-sémaphores...), il devient presque nécessaire, afin d'éviter ces bruits, auxquels on donne le nom de « friture téléphonique », de disposer des anti-inducteurs sur tous ces engins. Il résulte de là une augmentation assez forte des frais d'établissement.

M. Berthon termine en disant qu'au lieu de chercher à utiliser les fils du télégraphe, il lui paraît préférable de faire la dépense d'un conducteur spécial, coûteux il est vrai, mais donnant des résultats excellents, ainsi que l'ont prouvé les expériences qui viennent d'avoir lieu entre Paris et Bruxelles.

Il considère le problème de la transmission téléphonique à toutes distances comme résolu par l'emploi d'un double conducteur aérien en bronze silicieux, d'un diamètre lui donnant une conductibilité suffi-

sante pour la distance à franchir. Avec un fil de 5 millimètres de diamètre, on pourra certainement parler à 1,600 kilomètres qui est la distance entre New-York et Chicago.

Quant à la transmission téléphonique par les câbles sous-marins, elle n'est guère possible que dans des câbles dont la longueur n'atteint pas 20 milles marins.

Les phénomènes de condensation électrique auxquels l'enveloppe isolante et l'armature métallique du câble donnent lieu, éteignent complètement la voix à cette distance.

Probablement on arrivera un jour, par des appareils spéciaux comme pour la télégraphie sous-marine, à surmonter cet obstacle, mais jusqu'ici toutes les tentatives dans ce but ont échoué.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Berthon de son intéressante communication et annonce que, sur la demande qu'il lui en a faite, M. Violet, chef du cabinet du Ministre des Postes et Télégraphes, a bien voulu lui faire espérer qu'il serait permis à la Société des Ingénieurs civils d'expérimenter, en son local même, la nouvelle ligne téléphonique de Paris à Bruxelles.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Durupt sur les *Travaux actuels du port de Bordeaux et l'amélioration de la Gironde.*

M. DURUPT exprime l'avis que l'aménagement de nos ports en général et du port de Bordeaux en particulier est inférieur à celui de bon nombre de ports étrangers, et est insuffisant pour donner satisfaction aux besoins croissants de notre commerce. Il a pensé, en conséquence, que la Société des Ingénieurs civils suivrait avec intérêt un exposé de la situation actuelle du port de Bordeaux, des travaux qui y sont en cours, et de ceux à l'état de projet.

Il décrit la constitution géologique du lit de la Gironde. Ce fleuve coule au milieu d'alluvions modernes reposant en général sur le terrain miocène inférieur et, en quelques points, sur l'éocène. Ces alluvions sont vaseuses ou tourbeuses à la surface, sableuses ou argileuses au fond.

La largeur de la Gironde est, en mer moyenne, de 386 mètres au pont de Bordeaux. Elle est de 3 kilomètres au Bec d'Ambès, de 9,600 mètres en aval de By, et se réduit à 5,200 mètres à la pointe de Grave.

Le lit est formé d'une série de rades qui sont situées ordinairement e long des rives concaves, et de passes ou barres qui se trouvent aux passages du chenal d'une rive à l'autre. La profondeur des rades et des passes est modifiée par les crues et les marées exceptionnelles.

Le débit moyen de la Garonne a été, à Langon, de 1839 à 1868, de 654 mètres cubes par seconde. Il a atteint 4,000 mètres cubes dans es crues de 7 mètres et 10,000 mètres cubes dans les crues extraordinaires.

Le débit moyen de la Dordogne, au-dessous de Libourne, est de 60 mètres cubes à l'étiage ; il a atteint 7,200 mètres cubes dans la crue de 1873.

La Gironde entraîne à la mer 7 à 8 millions de tonnes de matières solides, dont 5 de vases, ce qui représente à peu près 9,000 tonnes d'azote perdues pour l'agriculture et 44,000 tonnes de carbone. Les égouts de la ville de Bordeaux déversent, à eux seuls, 70,000 mètres cubes de matières solides.

M. Durupt donne un aperçu historique des modifications du lit et de l'embouchure de la Gironde depuis le XI^e^ siècle jusqu'à nos jours.

Dans ces derniers temps, les travaux exécutés ont eu pour résultat, entre Pauillac et Bordeaux, l'abaissement des barres et l'exhaussement des mouillages, ce qui, à tout examiner, constitue une amélioration sérieuse pour la navigation à vapeur.

Entre Pauillac et l'embouchure, on peut espérer qu'il se formera des chenaux à travers le platin de « la Maréchale ».

A l'embouchure, les passes d'entrée situées au sud de Cordouan sont en progrès constant. Les changements qui s'opèrent en ce point du fleuve, semblent dépendre non seulement du jeu des courants, mais encore d'un autre phénomène très favorable : l'affaissement du sol, constaté notamment au phare de Cordouan.

M. Durupt poursuit sa communication par une comparaison entre les tonnages, les entrées et les sorties des navires, les droits perçus au profit de l'État et des Chambres de commerce dans les différents ports de France, — comparaison de laquelle il résulte que le coefficient de rendement douanier atteint son maximum à Bordeaux. Il donne également les chiffres des droits perçus pour l'usage de la machine à mâter et des grues à vapeur des quais et du bassin à flot ; ces indications font ressortir l'état d'abandon de ce bassin.

Il montre, — notamment par la comparaison des coefficients d'utilisation des quais d'un grand nombre de ports, — que les installations du port de Bordeaux sont absolument insuffisantes et explique que les apports des affluents de la Garonne, joints aux matières solides déversées par les égouts de la ville, ont produit un relèvement si considérable des fonds, que les navires ayant un tirant d'eau de 6^m^,75 ne peuvent monter à Bordeaux qu'en profitant du flot. Ces navires sont ordinairement obligés de s'arrêter à Pauillac pour s'alléger, en déchargeant une partie de leurs marchandises dans des gabares, et venir ensuite se mettre à quai. A la sortie du port, l'inverse se produit : afin de pouvoir franchir les passes de Bacalan et du Carriet, les navires quittent Bordeaux avec un chargement partiel, dont le complément est transporté par des gabares qui vont les rejoindre à Pauillac.

Il faudrait donc développer les installations du port, et améliorer

avec énergie les passes de Bacalan, Carriet, Bassens, le Caillou, le Bec d'Ambez et Beychevelle, qui ont une profondeur insuffisante.

Des travaux ont déjà été exécutés dans ce dernier but. On a construit certains barrages, fermé les îles Vertes et du Nord, établi une digue à Bassens, prolongé le Bec d'Ambez, etc... Les résultats obtenus au Bec d'Ambez furent bons, tandis qu'ils furent très mauvais à Bassens où il se produisit des déplacements de la passe.

M. DURUPT passe à l'historique et à la description du grand bassin à flot. La construction en fut décrétée en 1857 et ce n'est que vingt-deux ans plus tard, en 1879, qu'il fut livré au commerce. 76 grands navires ayant un tirant d'eau de 7^m50 peuvent y prendre place, en y accédant par deux écluses à sas, dont l'une a 22 mètres et l'autre 41 mètres de débouché.

On avait pensé, à l'origine, alimenter le bassin par des eaux amenés d'Eysines et de Blanquefort; mais on craignit ensuite de nuire aux irrigations auxquelles ces eaux sont employées, et on introduisit dans le bassin les eaux de la Garonne recueillies au préalable en marée de vive eau, dans un réservoir de 15 hectares de superficie.

Les pertes dues au manque d'étanchéité du bassin et des portes d'écluse furent telles qu'on se décida à faire entrer directement les eaux du fleuve, sans décantation préalable; elles produisirent un envasement si considérable qu'il fallut y renoncer. Enfin on finit par forer trois puits artésiens qui donnent aujourd'hui la majeure partie de l'eau nécessaire, le complément étant obtenu par l'abaissement du niveau des vannes des portes de flots.

Le chenal d'entrée du bassin est perpendiculaire au fleuve; il en résulte des difficultés de manœuvre pour les navires, à cause de la violence des courants qui se font sentir en ce point, au moment des hautes eaux.

M. DURUPT passe en revue les principaux travaux en cours d'exécution, qui sont : le rescindement de l'île Cazeau, la fixation et l'approfondissement de la passe d'Ambez, les dragages de la passe de Beychevelle ainsi que ceux de la rade même de Bordeaux, et enfin la création d'une digue sur la rive droite de Queyries. Il donne à ce sujet quelques indications concernant les appareils employés par les entrepreneurs de ces travaux :

A l'île Cazeau, on se sert notamment d'une drague qui porte des couteaux en hélice, destinés à désagréger les terres; la bouillie produite par les terres délayées est enlevée par un tuyau d'aspiration. Cette drague peut s'orienter dans tous les sens. Elle dilue 2,000 mètres cubes de sables par jour et les refoule à 300 mètres de distance.

On utilise également un grand transporteur desservi par un excavateur; ce transporteur se déplace sur une poutrelle de 320 mètres

de longueur; le transport des déblais est effectué au moyen d'une courroie métallique entourée de caoutchouc ; c'est le plus grand appareil de l'espèce qui ait été construit, tant en France qu'à l'étranger.

Les dragues furent introduites dans l'île Cazeau par des tranchées qu'on referma ensuite pour se mettre à l'abri des marées.

Les dragages de la passe de Beychevelle sont effectués par des dragues énormes, dont l'une enlève 1,400 mètres cubes par journée de 10 heures.

Les vases et les sables destinés à remblayer la digue de Queyries sont amenés par des chalands, au pied d'un élévateur qui les rejette dans un long couloir, dans lequel elles sont entraînées par un courant d'eau, pour tomber ensuite sur la digue. Cet engin débite 4,000 tonnes de matières par jour.

Le dévasement de la rade est effectué en régie par les soins de l'administration.

M. Durupt examine ensuite les divers projets qui ont été produits au sujet de l'amélioration du port de Bordeaux et de la Gironde.

En premier lieu, M. Hersent a proposé de construire un nouveau mur de quai empiétant de 50 à 80 mètres dans le lit de la Gironde, pour former un terre-plein de 120 mètres de largeur. M. Durupt pense que ce travail serait fort coûteux et aurait le grave inconvénient de modifier profondément le régime des eaux.

D'autre part, MM. Cotard et de Montour ont exprimé l'avis qu'il convenait, « afin de sauvegarder l'avenir du port de Bordeaux et satisfaire en même temps aux nécessités présentes, de repousser le projet de Grattequina, d'entreprendre des travaux de dragage, en marchant de l'aval vers l'amont, et de reprendre d'une façon méthodique et définitive l'étude de l'approfondissement de la Garonne et de la rade jusqu'à Bordeaux, et celle des quais et bassins qui peuvent être établis sur les deux rives. »

Enfin l'administration a élaboré le grand projet, dit de Grattequina, qui consiste en la création d'un canal de 5 kilomètres de longueur, débouchant dans le fleuve par des écluses, en face de l'île de Grattequina, et relié à de nouveaux bassins, dont les axes seraient inclinés à 45 degrés sur celui du canal, afin de faciliter, d'une part, l'établissement des voies de raccordement avec le chemin de fer, et, d'autre part, les mouvements des navires. Ces travaux donneraient lieu à une dépense de 40 millions de francs.

Ce projet a pour but d'éviter les passes de Bacalan, de Carriet et de Bassens, dont l'approfondissement est jugé très difficile, sinon impossible.

On lui reproche de nécessiter le maintien des fonds de la passe du Bec d'Ambez au niveau du radier du canal projeté. On objecte également qu'il y aurait à redouter les envasements et l'éboulement des

talus; de plus, qu'il serait difficile d'assurer l'alimentation du nouveau bassin, et qu'enfin le centre des affaires se trouverait rejeté hors de la ville de Bordeaux.

Au reste, le projet de Grattequina a été définitivement ajourné par une décision ministérielle du 23 juin 1886.

M. Durupt exprime, en terminant, le vœu que les améliorations nécessaires soient apportées au port de Bordeaux par des entreprises particulières, sur l'initiative de ceux mêmes dont les intérêts sont directement en jeu dans cette importante question.

M. Cotard déclare qu'il n'a fait aucun projet concernant le port de Bordeaux; il a simplement été mêlé aux discussions qui ont eu lieu lors de l'enquête qui fut ouverte sur le projet de Grattequina, et en cette circonstance, il s'est contenté de dire qu'il y avait lieu de s'éclairer davantage avant de se lancer dans l'exécution d'un projet qui avait soulevé de vives critiques et dont le succès paraissait tout au moins incertain.

M. Cotard ajoute qu'il ne convient pas non plus de juger ainsi à la légère le projet de M. Hersent, car, au milieu des généralités qui viennent d'être exposées, se trouve une question technique des plus difficiles et des plus intéressantes qu'il conviendrait avant tout d'exposer et d'examiner.

M. Hersent dit qu'il n'a pas non plus fait, à proprement parler, de projet, mais qu'ayant été appelé par une Commission, instituée pour la défense des intérêts de la ville de Bordeaux, à donner son avis au sujet de la création d'un nouveau port, il avait conseillé de laisser le port à sa place actuelle et d'améliorer les passes qui y donnent accès, ainsi que les rives du fleuve.

Ce travail eût été plus profitable que certains de ceux en exécution aujourd'hui, et en particulier que le rescindement de l'île Cazeau, qui entraîne à des dépenses considerables.

M. le Président remercie M. Durupt d'avoir porté devant la Société l'intéressante question du port de Bordeaux.

Après les considérations générales qui ont été présentées tant sur le régime des eaux que sur le rôle respectif de l'État et de l'initiative privée en matière de travaux de ports, il reste à traiter des questions techniques importantes. La lutte contre des envasements est en particulier des plus difficiles. Ces sujets pourraient être élucidés si plusieurs de nos collègues dont la compétence en la matière est bien connue, voulaient engager sur la communication de M. Durupt une discussion qui sera très utile et très intéressante.

M. Hersent veut bien promettre de présenter une étude sur ce sujet.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Lencauchez sur *le recuit des métaux dans une atmosphère réductrice.*

M. Lencauchez cite les expériences de M. Forquignon sur le recuit des métaux dans le gaz; ce savant a montré :

1° Pourquoi un agent d'oxydation n'est pas indispensable à l'adoucissement et même ne produit quelquefois aucune amélioration sensible;

2° Pourquoi une fonte blanche devenue malléable contient toujours du graphite.

Il a reconnu de plus :

1° Que le graphite amorphe des fontes malléables est une variété spéciale de carbone, caractérisée par son mode de formation et par les propriétés de son oxyde graphitique ;

2° Que l'azote et l'hydrogène, à la température du rouge vif, décarburent la fonte.

M. Lencauchez rappelle ensuite que l'on produit industriellement une fonte recuite, dite fonte malléable, en plaçant les pièces en fonte à préparer dans un vase clos rempli d'hématite que l'on porte au rouge pendant une semaine environ. L'hématite donne de l'oxygène qui se porte sur le carbone de la fonte pour produire de l'oxyde de carbone et un peu d'acide carbonique.

On opère également le recuit au moyen de la tournure de fer au lieu de l'hématite. Quand le creuset est parvenu au rouge, la tournure s'oxyde d'abord par l'air qu'elle renferme, et ensuite par les produits de la combustion qui pénètrent par les joints ou par les pores du creuset; il vient un moment où l'oxyde de fer produit agit à la façon de l'hématite.

M. Lencauchez fait connaître les résultats des expériences auxquelles il s'est livré. Il appelle l'attention sur le phénomène remarquable auquel il a donné le nom d'*exsudation de la fonte :*

Ayant fait passer sur une fonte très carburée, provenant de Longwy, portée au rouge vif dans une cornue en fonte, de l'hydrogène à une pression effective de 3 à 6 centimètres d'eau, il constata, après cent heures de recuit, que la fonte soumise à l'expérience, — pas plus que la cornue, — n'avait changé de forme, mais que cette fonte avait « sué » une multitude de petits grains sphériques. Ces grains avaient coulé au fond de la cornue sans y adhérer ; ils ne contenaient presque plus de graphite et étaient très fusibles, puisque le creuset n'avait pas été altéré. La fonte, de son côté, avait perdu environ la moitié de son graphite, tandis que la proportion du carbone combiné s'était sensiblement doublée ; la teneur en carbone total avait un peu diminué, et une grande partie du soufre et du phosphore avait disparu.

M. Lencauchez a essayé également l'action de l'oxyde de carbone sur le fer doux ; il a opéré sur du fil de fer porté au rouge dans un tube en porcelaine et a constaté qu'à sa sortie du tube, l'oxyde de carbone contenait de l'acide carbonique ; il faut attribuer ce fait à la

rentrée dans le tube, des gaz du foyer, plutôt qu'à la disparition d'une partie du carbone du fer.

Le recuit dans l'hydrogène ne modifie pas la teneur en carbone du fer ; il diminue la teneur en phosphore et en soufre.

Le recuit à l'acide carbonique produit à la surface du fer une pellicule d'oxyde qui agit ensuite à la façon de l'hématite.

Le gaz à l'eau donne un recuit analogue à celui de l'hydrogène pur.

Le recuit au gaz est tout aussi long que le recuit à l'hématite ; la durée de l'opération est d'environ 100 heures ; toutefois, il présente l'avantage de ne jamais produire les engorgements et les déformations que l'on constate souvent sur les pièces recuites à l'hématite.

Le recuit au gaz enlève aux aciers fondus davantage de carbone, de soufre et de phosphore que le recuit à l'hématite ; il est donc préférable à ce dernier.

M. Lencauchez a fait aussi des expériences sur le recuit des tôles et des barres d'acier Bessemer. Les résultats ont été très différents pour les tôles et barres acides et pour les tôles et barres basiques.

Le recuit a peu d'action sur la teneur en carbone, soufre et phosphore des premières, qui cependant deviennent plus soudantes. Leur limite d'élasticité est un peu reculée, et leur allongement augmente de 16 à 22, tandis que la charge de rupture reste constante.

Le recuit a eu pour effet, dans les expériences sur les tôles et barres basiques, d'augmenter la quantité de soufre ; il faut attribuer ce résultat à l'introduction des gaz du foyer.

M. Lencauchez a constaté enfin que la vitesse de diffusion des gaz nuisibles au recuit, c'est-à-dire de l'hydrogène sulfuré, de l'acide sulfureux et de l'acide carbonique, était moindre que celle des gaz ayant une action utile, c'est-à-dire des gaz réducteurs.

M. le Président remercie M. Lencauchez d'avoir bien voulu faire connaître à la Société ses importantes recherches. Le recuit, dans une atmosphère réductrice, n'offre pas encore, — ainsi que le reconnaît avec modestie M. Lencauchez lui-même, — d'avantages sur les procédés suivis jusqu'à présent. Mais on peut espérer que les faits nouveaux et curieux qui viennent d'être rapportés pourront donner naissance à quelque application industrielle.

M. le Président donne communication :

1° D'une lettre de M. Muller, annonçant que M. le Ministre des Travaux publics et de l'Industrie vient d'autoriser le *Génie Civil* à prendre le titre de *Revue officielle technique des documents relatifs à l'Exposition universelle de 1889 ;*

2° D'une lettre par laquelle M. G. Moreau annonce qu'il expose dans ses ateliers, rue de Château-Landon, 56, jusqu'au lundi 10 cou-

rant, une grille Renaissance en fer forgé et poli, destinée à l'hôtel de M. Vanderbilt, de New-York;

3° De la lettre suivante de M. Debar :

« Monsieur le Président,

» Je viens, un peu tardivement peut-être, vous entretenir d'un phénomène électrique assez remarquable, tant par les circonstances dans lesquelles il s'est produit que par sa puissance destructive.

» Le 9 janvier, à dix heures et demie du soir, le temps était d'un calme parfait, état assez rare, sur nos côtes de la Manche ; aucun des indices habituels ne décelait la proximité d'un orage, quand tout à coup, le gaz est éteint, un immense éclair brille suivi d'une brusque, violente et courte détonation, semblable à celle d'un immense fourneau de mine, puis tout rentre dans un silence absolu.

» Extinction du gaz, éclair, explosion, tout cela n'a pas duré deux secondes.

» La grande et belle cheminée des ateliers de Fécamp venait d'être foudroyée et littéralement détruite.

» C'était une cheminée de 30 mètres de hauteur, 3 mètres de diamètre extérieur à la base, au-dessus du socle, $1^m,60$ de diamètre intérieur, $0^m,92$ de diamètre intérieur au sommet, et magnifiquement construite. Placé à 70 mètres environ du point foudroyé, je n'avais perçu aucun bruit particulier de nature à me faire soupçonner un tel effondrement, j'en ai été prévenu quelques instants après par un passant.

» L'aspect des lieux était lamentable, dix-huit mètres de cheminée entièrement disparus et le reste à l'état de ruine fantastique à démolir, tout un ensemble de bâtiments écrasés par la chute des matériaux éparpillés de toutes parts, plusieurs maisons voisines fortement endommagées, les conduites publiques d'eau et de gaz crevées à 100 mètres de distance : tel est le bilan des principaux dégâts produits par le coup de foudre. Quant aux toitures, volets et vitres brisés par les projections dans un vaste rayon, il faut renoncer à en faire le compte. Tout le quartier présentait l'aspect d'une ville violemment bombardée.

» La caractéristique de cette explosion de la foudre a été son instantanéité et sa puissance brisante.

» Sur une vaste étendue au Nord-Est, le sol était jonché de briques pulvérisées ou brisées, depuis la grosseur d'un pois jusqu'à celle d'une demi-brique ; on se serait cru sur un champ d'éruption volcanique. Les projections ont eu lieu dans cette direction jusqu'à plus de 400 mètres de distance. Un bateau, amarré sur une bouée au milieu de l'avant-port, recevait sur son tillac une grêle de projectiles à la grande stupéfaction de son équipage.

» Sur le tronçon de cheminée encore debout, on voit à 6 mètres envi-

ron au-dessus de la base, deux arrachements diamétralement opposés, indiquant bien nettement l'action d'une décharge électrique.

» Je suis porté à croire, jusqu'à un certain point, qu'il y a eu soulèvement de la masse supérieure et, au même instant, décharge électrique brisant une grande partie des matériaux et les projetant au loin. L'état de division de la matière paraîtrait confirmer cette hypothèse.

» Pour compléter, je dois ajouter que notre cheminée n'était pas munie de paratonnerre; presque toutes celles de la région sont dans le même cas. Mais dans l'espèce un paratonnerre aurait-il eu une efficacité suffisante ?

» C'est un point que je ne saurais résoudre, mais je suis assez porté à penser le contraire. On s'est trouvé, en effet, en présence d'une masse d'électricité tellement puissante et si instantanée, qu'il est au moins douteux qu'un conducteur ordinaire eût pu lui donner passage et neutraliser ses effets désastreux.

» D'autres plus autorisés penseront peut-être le contraire.

» Quoi qu'il en soit, si vous jugez, Monsieur le Président, que le cas présente quelque intérêt, je serais heureux de profiter des observations auxquelles il pourrait donner lieu, pour tâcher de me mettre à l'abri d'un tel sinistre dans l'avenir.

» Après dix jours de travail j'ai pu réparer une partie des dégâts et, par une dérivation des carneaux et l'installation d'une cheminée de fortune en tôle, avoir la satisfaction de reprendre la marche de nos travaux.

» Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments distingués.

» A. Debar. »

M. le Président annonce que le 4 mars, tombant cette année un vendredi, jour de séance de la Société, le banquet annuel aura lieu le samedi, 5 mars. Une circulaire sera, comme d'ordinaire, adressée à nos collègues.

MM. Décé, Polonceau, Porte et Vinçotte ont été reçus membres sociétaires, et M. Poney membre associé.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 18 Février 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRULL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT annonce qu'il a reçu les deux lettres suivantes, au sujet du procès-verbal de la séance du 4 février :

1° Une lettre par laquelle M. Jules Garnier réfute les observations présentées par M. Rémaury sur l'invention des soles réfractaires à base de chrome; il est donné lecture de cette lettre dont voici deux passages :

« Lorsque j'ai rédigé le texte de ma revendication des soles en chrome pour la déphosphoration, j'ai soigneusement évité de me servir du terme « fer chromé », attendu que ce nom représente une famille de minéraux extrêmement différents de composition et dont plusieurs ne peuvent convenir à la confection des soles réfractaires; ces minéraux commencent aux *oxydes de fer à peine chromés, pour finir aux oxydes de chrome à peine ferreux.*

. . . . . .

» En résumé, comme je puis le prouver par des correspondances de dates certaines, je ne considérais les *fers chromés naturels* que comme un cas particulier de ma revendication et utilisables directement quand ils sont d'une richesse suffisante en sesquioxyde de chrome et d'une composition convenable; sinon, je proposais de les débarrasser de leur excès de fer, soit par préparation mécanique, soit par un procédé spécial (la sulfuration par voie sèche de l'excès de fer; le soufre n'attaquant pas le sesquioxyde de chrome pur ou combiné des minerais de chrome).

» En terminant, j'ai l'honneur d'informer la Société que je viens d'essayer en grand un nouveau procédé qui m'a permis d'isoler complètement le chrome du fer et des autres métaux qui l'accompagnent dans les minerais de chrome : ce procédé a suffisamment réussi du premier coup pour que l'on puisse dès à présent considérer comme résolue la question de la production du chrome métallique dans des conditions abordables. »

2° Une lettre de M. Colladon, reproduite ci-après :

« Monsieur le Président,

» Je reçois ce matin seulement le résumé de la séance du 4 février, où se trouve la lettre de M. Debar, rendant compte du fait intéressant de la destruction d'une haute cheminée de l'usine à gaz de Fécamp, le 9 janvier dernier, à dix heures et demie du soir.

» Permettez-moi de vous transmettre quelques brèves réflexions sur cette lettre, le fait intéressant, qui cependant n'est ni unique ni très exceptionnel, qu'elle décrit, et sur la convenance, la nécessité même de munir les cheminées d'usines à gaz de paratonnerres pourvus de puissants conducteurs d'électricité.

» M. Debar pourra trouver dans les œuvres d'Arago, t. IV, pp. 125 à 128; dans le traité d'Auguste de la Rive, t. III, pp. 162 à 165, etc., des effets aussi prodigieux de destructions de bâtiments et de clochers produites par un seul coup de foudre. — Ainsi, en 1718, un coup de foudre fit sauter le toit et les murailles de l'église de Gouesnon, près de Brest, comme aurait fait une mine; des pierres furent lancées dans tous les sens jusqu'à 50 mètres.

» En 1762, la foudre tomba sur le clocher de Breag (Cornouailles); la tourelle en maçonnerie fut brisée en centaines de morceaux, une pierre d'un quintal et demi fut lancée à 55 mètres de distance, une autre à 364 mètres.

» En 1809, près de Manchester, un petit bâtiment en briques, servant à emmagasiner du charbon de terre, ayant des murs de $0^{m},90$ d'épaisseur et $3^{m},60$ de hauteur, supportant une citerne, fut soulevé en masse et transporté à trois mètres de distance moyenne ; la portion transportée pesait 26,000 kilogrammes.

» J'ai décrit, dans un mémoire publié en 1875 dans les mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, les effets de la foudre sur des arbres foudroyés, des effets de dispersion de très gros fragments de bois projetés à plus de 50 mètres de distance, etc.

» Je trouve dans une publication de 1874, de M. Callaux, ingénieur-électricien et constructeur de paratonnerres à Paris, que, dans la nuit du 5 juin 1874, la foudre ayant frappé une haute cheminée d'usine près de Nantes, les briques de la cheminée sont tombées par masse sur les toits de l'usine et les ont enfoncés.

» La cheminée de Fécamp, haute de trente mètres, n'avait pas de paratonnerre; sa base devait reposer sur un sol plus ou moins humide à cause du voisinage de la mer, et contenant des corps très conducteurs d'électricité : *conduites d'eau et de gaz*. Il devait aussi se trouver à proximité des dépôts de houille ou de coke. Elle était donc dans des conditions qui devaient attirer la foudre, car on sait que la suie et le bitume qui revêtent les parois des cheminées sont, après les métaux, d'assez bons conducteurs.

» Il résulte de ces conditions, qui se rencontrent dans la plupart des usines à gaz, que leurs hautes cheminées devraient habituellement être munies d'excellents paratonnerres; or la condition principale et essentielle pour un bon paratonnerre dépend de la nature et de la pose des conducteurs d'électricité dans le sol. Pendant près d'un siècle, on a généralement employé des barres ou des câbles en fer pour ces conducteurs ; ceux en cuivre étaient chers et exigeaient de très nombreuses soudures. — Mais, depuis quelques années, on trouve dans tous les grands centres industriels de gros fils de cuivre tirés à la filière, de diamètres variés, entre 6 et 12 millimètres de diamètre et en bouts de 20 à 30 mètres de longueur. Les constructeurs de paratonnerres seraient donc coupables de ne pas les employer à peu près exclusivement comme aussi, ou plus, économiques que ceux en fer, à cause de leur meilleure conductibilité, et surtout bien plus durables à l'air et dans le sol. Il faut surtout éviter les câbles en fils de fer, même zingués ou étamés, qui, au bout de peu de temps, sont oxydés.

» L'usine à gaz de Genève, établie sur la rive du Rhône, a fait établir en 1876 une seconde cheminée ayant, à fort peu près, les mêmes dimensions que celle de Fécamp; cette cheminée est surmontée d'un lourd chapiteau en fer portant une tige élevée verticale que termine une pointe en cuivre doublée de platine. De cette tige part un câble conducteur, formé de six torons, dont chacun est composé de six fils de fer étamés ayant deux millimètres de diamètre.

» Ce câble descend jusqu'à trois mètres au-dessous du sol, où il se replie en quelques révolutions qui, pendant les mois d'été, plongent dans l'eau du Rhône jusqu'à environ deux mètres de profondeur.

» Le 5 juillet 1877, la foudre est tombée sur ce paratonnerre, dont elle a fondu la pointe; arrivée à la hauteur de $3^{m}50$ au-dessus du sol, une partie du fluide électrique s'est répandue sur les revêtements en fer blanc du couvert d'un hangar en contact avec la cheminée et qui s'appuie contre le mur de la halle à fours; elle a percé ce mur, épais de $0^{m}60$, en déplaçant un gros bloc de pierre de taille pour atteindre des conduites de gaz en fer étiré placées à l'intérieur de ce mur pour l'éclairage des fours.

» A la suite de l'accident, un second câble meilleur conducteur a été ajouté au premier.

» D. Colladon. »

Le procès-verbal de la séance du 4 février est adopté.

M. le Président a le regret de faire part à la Société du décès de M. Watson.

M. Watson, Joseph-Jean-Guillaume, est mort à l'âge de 57 ans. Il a été ingénieur de plusieurs mines en Italie et en Espagne, a inventé

une traverse métallique, a construit un embarcadère à Santander et a fait installer les distributions d'eau de plusieurs villes d'Espagne.

M. Lencauchez a reçu deux diplômes de médailles d'or à l'Exposition internationale des Sciences et des Arts industriels, pour ses fours et procédés de métallurgie et pour ses machines, chaudières et réchauffeurs d'eau d'alimentation.

M. Fontaine, de Lille, a reçu de la Société industrielle du Nord de la France une grande médaille d'or pour son rectificateur continu d'alcools.

M. LE PRÉSIDENT dit que les expériences téléphoniques, entre Paris et Bruxelles, dont il a été question dans la dernière séance, ont eu lieu le 10 de ce mois, et exprime le regret de n'avoir pu en informer qu'un petit nombre de membres de la Société. Ce n'est en effet que le 9 au matin que M. le Président a été avisé que ces expériences se feraient le lendemain. Elles ont parfaitement réussi ; leur durée a été d'une heure. Deux de nos collègues, MM. Belpaire et Finet, qui avaient bien voulu se rendre à la Bourse de Bruxelles, accompagnés de M. Baneux, ingénieur des télégraphes à Bruxelles, ont conversé avec plusieurs de nos collègues de Paris, réunis au siège de la Société, avec MM. Cahel, ingénieur des télégraphes de France, Violet, chef du cabinet du Ministre des Postes et Télégraphes, et Berthon, directeur de la Société des téléphones.

On a pu constater que, dans la nouvelle ligne, les sons se perçoivent beaucoup mieux que dans le réseau de Paris. Une boîte à musique, la sonnerie d'une montre à répétition ont pu être entendues distinctement.

Des remerciements ont été adressés à M. le Ministre des Postes et Télégraphes, qui a bien voulu autoriser ces expériences.

M. LE PRÉSIDENT annonce que 41 inscriptions seulement ont été réunies pour le banquet du 5 mars ; ce chiffre est bien inférieur à celui des années précédentes.

Il y a lieu d'espérer, toutefois, qu'il y aura des adhésions nouvelles d'ici le 5 mars. Une nouvelle circulaire sera expédiée dans ce but.

M. GEORGES SALOMON donne lecture de son étude sur *la Limitation des heures de travail.* (Voir le Mémoire, page 277.)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Georges Salomon de sa remarquable communication. M. Salomon a réuni dans son étude un grand nombre de documents qu'il a dû puiser à l'étranger. Un souffle libéral règne dans toute sa communication, et M. le Président pense que nos collègues partageront les idées qu'il vient d'émettre. Au cas où l'opinion contraire se manifesterait, une discussion serait ouverte dans une prochaine séance.

L'ordre du jour appelle la communication de M. Benoît-Duportail sur *l'Organisation du marché du travail.*

M. Benoit-Duportail examine successivement les points principaux suivants: 1° le Placement des ouvriers et des employés dans les conditions actuelles; 2° le Placement des produits; 3° le Placement des capitaux; 4° les Transports à bon marché; 5° la Bourse du travail.

Certaines personnes trouvent, dit-il, qu'il est répugnant pour les ouvriers d'être obligés d'aller se présenter chez des patrons qui, eux, n'ont qu'à attendre. M. Benoît-Duportail ne voit rien d'humiliant dans de pareilles démarches qui, du reste, sont faites couramment, non seulement par les ouvriers, mais par les employés, par tous ceux qui cherchent une position sociale. En outre, il n'est pas exact, ainsi qu'il le prouve par des exemples, que les patrons n'aient qu'à attendre.

Les ouvriers rencontrent, en général, dans les administrations, chantiers, ateliers, etc....., où ils se présentent pour s'embaucher, des personnes qui les connaissent; de plus, ils se renseignent entre eux et avec grande rapidité, sur les endroits où ils peuvent espérer trouver du travail.

M. Benoit-Duportail pense que, contrairement à ce qui a été souvent répété, ce n'est pas la fréquentation des grèves, c'est-à-dire des lieux d'embauchage, qui conduit l'ouvrier au cabaret, mais bien l'inaction, le désœuvrement.

Le placement des produits s'effectue dans les mêmes conditions que celui du travail, toujours en vertu de la loi générale de l'offre et de la demande. Tous ceux qui cherchent à placer, soit leurs produits, soit leurs services, à quelque titre que ce soit, font appel, par des moyens divers, à ceux qui peuvent en avoir besoin.

En ce qui concerne le placement des capitaux, M. Benoît-Duportail rappelle avec quelles lenteurs il s'effectue aujourd'hui, et exprime l'avis que les opérations d'une Bourse de travail seraient également très lentes, ce qui serait très fâcheux, les ouvriers ayant d'ordinaire besoin de trouver immédiatement une occupation.

On a parlé souvent des avantages que présenteraient les transports à bon marché; certaines personnes se figurent, que si les ouvriers pouvaient se déplacer sans grandes dépenses, ils s'empresseraient d'aller là où il y a du travail. M. Benoît-Duportail pense que c'est une illusion. La Compagnie des chemins de fer de l'Ouest a offert, il y a quelques années, à des ouvriers de Paris, qui se trouvaient alors sans travail, de les occuper dans ses ateliers de Sotteville et de Rennes; à peine a-t-elle pu en trouver quelques-uns; cependant elle leur offrait de les transporter gratuitement avec leur famille et leur mobilier, et de les rapatrier gratuitement aussi, pendant un certain temps, s'ils ne restaient pas à Sotteville ou à Rennes.

L'ouvrier éprouve pour les déplacements une répugnance que l'abaissement des frais de transport ne peut suffire à lever, ces frais étant peu de chose comparativement aux autres conséquences d'un changement de résidence. En outre, il aime le séjour des grandes villes:

d'où il résulte une émigration regrettable de la campagne vers les grands centres. Ce fait se produit dans tous les pays : c'est ainsi qu'à Berlin, la population qui n'était que d'un million d'habitants en 1880, s'est élevée à 1,700,000 en 1884.

M. Benoit-Duportail conteste l'utilité d'une Bourse de travail : cette institution, qui ne pourrait être qu'une immense agence de placement, ne réaliserait aucun progrès sur ce qui existe actuellement.

On sait avec quelle rapidité les ouvriers se renseignent entre eux sur les endroits où ils ont chance de trouver du travail. D'autre part, les Compagnies de chemins de fer, les grands ateliers, ont des bureaux où les ouvriers peuvent se faire inscrire, où l'on prend sur eux les renseignements nécessaires, pour leur envoyer ensuite, s'il y a lieu, des convocations.

De plus, il existe déjà, comme l'a dit M. Georges Salomon, un grand nombre d'établissements spéciaux qui sont de véritables Bourses du travail ; par exemple, les bureaux de la Société des commis quincailliers, de la Société des comptables, etc. ; il faut noter que ces agences n'arrivent à placer qu'un petit nombre de ceux qui ont recours à elles, et que souvent, en raison de la lenteur de leurs informations, elles indiquent des places qui ne sont déjà plus vacantes. Enfin, depuis quelque temps, les syndicats commencent à s'occuper du placement des ouvriers.

La Bourse du travail, qui n'aurait d'autre but que les agences particulières, présenterait au plus haut degré les inconvénients de la centralisation administrative, à commencer par une lenteur excessive.

On peut admettre que, sur les cinq à six cent mille ouvriers de Paris, il y en a, par an, cent vingt à cent cinquante mille qui changent de place et qui s'adresseraient, par conséquent, à la Bourse du travail. Que de difficultés n'éprouverait-on pas à prendre des renseignements sur tant de monde !

Il faut remarquer que chaque atelier devra renouveler cet examen sur les candidats qui lui seront envoyés, car ce n'est que ceux-là mêmes qui ont besoin d'un ouvrier pour une position déterminée qui peuvent se rendre compte de ses aptitudes à occuper cette position. Il résultera nécessairement de ce fait des retards regrettables.

M. Benoit-Duportail estime que le placement annuel, par la Bourse du travail, de 15 à 20,000 ouvriers, ne devra pas être considéré comme un résultat sérieux, car, dit-il, ces ouvriers-là ou bien 15 ou 20,000 autres auraient pu se placer par les moyens actuels; la somme des salaires disponibles n'aura pas été augmentée d'un franc, on n'aura pas employé un ouvrier de plus.

Cette institution sera, d'après M. Benoît-Duportail, sinon au début, du moins dans la suite, un centre de recommandations, de patronage, de favoritisme; et il sera à craindre que les ouvriers qui ne pourront être

placés — et il y en aura certainement, tant que l'industrie et le commerce n'auront pas une activité beaucoup plus grande qu'aujourd'hui, — croyant que l'État s'est engagé à leur procurer du travail, n'en viennent à accuser le Gouvernement de leur avoir manqué de parole, d'avoir failli à son devoir.

En résumé, M. Benoît-Duportail, tout en reconnaissant que l'idée d'établir une Bourse du travail procède d'un sentiment louable, conclut que cette institution n'aurait aucune utilité en pratique, qu'elle ne serait pas libérale et qu'elle aurait des conséquences fâcheuses au point de vue économique et au point de vue administratif. (Applaudissements.)

M. LE PRÉSIDENT dit que les applaudissements de l'Assemblée ont déjà remercié M. Benoît-Duportail de son intéressante communication.

L'ordre du jour appelle la communication de M. E. Gruner sur *les Lois nouvelles d'assistance ouvrière en Allemagne, Autriche et Suisse.*

M. GRUNER a été frappé de l'importance exceptionnelle qu'a prise, dans la plupart des pays d'Europe, la question d'assistance des ouvriers, soit sous la forme de développement de la responsabilité civile, soit par l'établissement de l'assurance obligatoire; il a été sur les lieux, en Allemagne, étudier l'application des deux lois de 1883 et de 1884, qui ont établi et réglementé l'assurance obligatoire des ouvriers contre la maladie et contre les accidents. Il a résumé la question pour l'Allemagne dans une brochure dont il dépose un exemplaire sur le bureau, et étudiera l'état de la question en Autriche dans un second travail qui paraîtra sous peu.

M. GRUNER montre l'Allemagne aux prises avec la question dès l'origine de l'Empire. Pendant une première période (1871-1883), ce pays chercha à donner satisfaction aux plaintes des ouvriers en aggravant la responsabilité civile. Les résultats furent des plus regrettables; les procès devinrent innombrables, et les rapports des patrons et des ouvriers en furent rendus plus difficiles.

En 1883, le Chancelier fit voter la loi rendant obligatoire *l'assurance contre la maladie* pour tous les *ouvriers industriels*. Cette loi est une loi de décentralisation. Elle maintient, en les uniformisant, les caisses de secours existantes, mais crée dans chaque centre de population une caisse à laquelle doit se rattacher tout ouvrier qui ne fera pas partie d'une caisse d'assurance de fabrique, de mines, ou de travaux.

Les ouvriers participent pour 2/3 aux charges de l'assurance; ils nomment les 2/3 des membres du Conseil de gestion. Les secours sont accordés pendant 13 semaines au minimum à un an au maximum. L'État a la haute main et exerce un contrôle très étendu sur la gestion.

En 1884, fut votée la *loi d'assurance contre les accidents*, qui groupe tous les patrons et ouvriers en 62 grandes corporations; l'assurance

repose sur la mutualité. Les patrons seuls participent aux charges; seuls aussi ils gèrent les corporations. La loi assure aux ouvriers blessés des pensions pouvant monter à 2/3 de leur salaire annuel; et à la famille des victimes, des pensions dont le total peut s'élever à 60 0/0 du salaire (20 0/0 à la veuve, 15 0/0 à chaque orphelin). Les pensions sont servies par les soins de la poste. Les charges sont réparties entre chaque patron, proportionnellement au salaire payé par lui à ses ouvriers, et aux risques inhérents à l'établissement. Une surveillance technique doit être organisée par les soins des corporations en vue de diminuer les risques. Il est essentiel de remarquer que les versements annuels ont pour but, non pas de constituer *le capital*, mais *la rente* des pensions accordées. Il en résulte que les charges croîtront d'année en année, et seront au bout d'une vingtaine d'années 7 à 8 fois plus fortes qu'actuellement.

Les charges sont pour la première année (1886) de 1/2 à 3/4 0/0 du salaire; elles monteront à 4 ou 4 1/2 0/0.

L'Empire allemand étudie une troisième loi devant établir *l'assurance contre la vieillesse.*

Quand ces trois lois seront votées et entrées en plein fonctionnement, elles imposeront à l'industrie des charges qui atteindront 11 à 15 0/0 des salaires pour la plupart des industries.

Un mouvement continu conduit à la généralisation des assurances; des lois votées comprennent déjà tous les ouvriers des chemins de fer et de la navigation intérieure, ainsi que tous les ouvriers agricoles et forestiers; des lois en préparation vont atteindre les marins et les ouvriers des chantiers provisoires de travaux publics. Ce mouvement se justifie, car les statistiques montrent que les travaux forestiers et agricoles sont très meurtriers.

En *Autriche*, le mouvement a pris d'abord une forme différente; c'est par les corporations techniques réorganisées et rétablies dans une partie de leurs anciens droits que le Reichsrath a voulu assurer aux ouvriers les bienfaits de l'assurance. Mais la grande industrie échappait forcément aux cadres des corporations. Il a donc fallu marcher sur les traces de l'Allemagne et voter en juin 1886 une loi d'assurance obligatoire contre les accidents, basée comme la loi allemande sur la mutualité des patrons; mais les ouvriers fournissent 10 0/0 des cotisations. Les corporations sont régionales et basées sur les subdivisions politiques du pays. Les versements annuels constituent le capital de l'assurance, et non la rente comme en Allemagne. La loi autrichienne est donc plus prudente; elle évite aussi ce caractère de politique centralisatrice qui se montre dans tous les articles de la loi allemande.

En *Suisse*, la question de l'assurance obligatoire est encore à l'étude, mais rencontre de puissants et nombreux adversaires; jusqu'ici c'est par le développement de la responsabilité civile, son extension aux cas for-

tuits, ou même au cas d'imprudence légère de la victime, que la Suisse a cherché à donner satisfaction aux ouvriers. Mais la fréquence des procès fait désirer à tous, industriels et ouvriers, une modification des lois existantes.

En résumé, dans ces divers pays, l'assurance obligatoire n'est encore qu'à l'état d'enfance ou de gestation; ses résultats financiers sont inconnus, mais semblent devoir être lourds; son organisation entraîne la création d'un système très complet de surveillance et de contrôle sur les industriels et sur les ouvriers, qui exerce sur leur liberté d'action une influence dont il serait imprudent de méconnaître la gravité.

L'assurance obligatoire est pour l'ouvrier un oreiller de paresse: elle lui ôte le sentiment élevé de prévoyance et d'économie; elle est une lourde charge pour l'industrie nationale, à moins qu'elle ne soit appliquée avec toute l'imprévoyance du système allemand qui sacrifie l'avenir au présent; elle est entre les mains de l'État un instrument de contrôle sur la situation personnelle des ouvriers et sur la situation financière des industriels.

Les conséquences semblent donc redoutables, conclut M. Gruner, et peu enviables pour la France, qui doit viser à éviter l'organisation légale de l'assurance obligatoire, en développant les Sociétés et établissements d'assurances libres, qu'administreraient en commun patrons et ouvriers, et que subventionneraient dans une large part les industriels.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gruner de son importante communication, dont l'opportunité n'échappera à personne. Il se prépare actuellement, en effet, certains projets de loi qui renferment, — notamment celui concernant l'industrie minière, — des prescriptions relatives à l'assistance des ouvriers par l'État, prescriptions qui se rapprochent beaucoup de celles en vigueur à l'étranger, que M. Gruner vient d'analyser.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Cantagrel, qui a préparé un travail portant sur le sujet qui vient d'être traité, mais concernant des pays dont M. Gruner n'a pas parlé.

M. S. CANTAGREL expose qu'il a cru utile, apprenant que M. Gruner allait faire à la Société une communication relative aux lois d'assistance en Allemagne, en Autriche et en Suisse, de réunir des documents sur d'autres pays : l'Angleterre, la Belgique, l'Italie et la France. Il présente donc à la Société un travail qui peut être, en quelque sorte, considéré comme le complément de celui de M. Gruner.

En Angleterre, la législation ancienne, très dure pour l'ouvrier, mettait tous les accidents à sa charge. Actuellement on en est arrivé à un état de choses à peu près analogue à ce qui existe en France sous le régime des articles 1382 et suivants du Code civil. Mais les

ouvriers anglais, très unis entre eux, ont, pour leur permettre de supporter les conséquences des accidents, des Sociétés de secours nombreuses et des Sociétés d'assurances auxquelles ils s'adressent volontiers.

En Belgique, où l'on est en ce moment sous le régime des articles 1382 et suivants du Code civil, le roi a institué, en avril 1886, une Commission du travail chargée de préparer des études sur la solution du problème social soulevé par la question des accidents et de l'assistance ouvrière.

Une des sections de cette Commission, dont les rapports ont paru depuis le commencement de la présente année, a étudié plus spécialement l'organisation des caisses d'assistance.

M. S. CANTAGREL donne alors quelques détails spéciaux et présente des chiffres relatifs au fonctionnement de ces caisses. Puis il expose les conclusions du rapport de la Commission du travail qui propose d'appliquer le système de l'assistance obligatoire.

La seconde section, partant de l'étude des lois d'accidents, est, à quelques détails près dans le mode d'organisation, arrivée au même résultat.

En Italie, une loi nouvelle votée par la Chambre et soumise actuellement au Sénat établit pour le patron l'obligation de faire la preuve de la cause qui a produit l'accident. Elle fixe un tarif déterminé d'indemnité à servir à la victime ou à ses ayants droit, dans les diverses circonstances, et décide la création d'une caisse à laquelle le patron serait libre d'assurer ses ouvriers, de façon à échapper aux conséquences de la loi.

M. S. CANTAGREL, en ce qui concerne la France, étudie à part les questions d'accidents et les questions d'assistance. Il analyse rapidement les diverses propositions de loi déposées à ce sujet :

La proposition Nadaud, qui met à la charge du patron tout accident dont il ne peut, par preuve, imputer la responsabilité à l'ouvrier ;

La proposition Alfred Girard qui, laissant la preuve à faire au patron, le décharge de la responsabilité des cas fortuits ou de force majeure ;

La proposition Peulevey, qui met à la charge de l'État les cas fortuits ou de force majeure et les accidents dus à une imprévoyance légère de la victime ;

La proposition Félix Faure, qui met tous les accidents, quels qu'ils soient, à la charge des frais généraux de l'industrie. Ce dernier crée un tarif d'indemnité basé, non pas sur le salaire, mais sur la situation de famille de la victime.

M. S. CANTAGREL fait connaître ensuite le projet voté en première lecture par la Chambre en 1884 et l'économie du nouveau projet présenté en 1886 par M. de Mun.

Étudiant ensuite la question de l'assistance, il donne sur la situation

des diverses caisses de secours, d'assurance, etc., des renseignements statistiques. Il signale d'une façon particulière l'organisation de la caisse commune de prévoyance des Mines associées du bassin de la Loire.

Puis il analyse les diverses propositions de loi, relatives à l'assistance ouvrière, présentées au Parlement.

M. S. CANTAGREL établit enfin une comparaison entre ce qui se fait dans les divers pays dont on a analysé la législation dans la présente séance. Il conclut à la nécessité d'élaborer une loi générale, et non une loi spéciale à une corporation professionnelle, et exprime l'opinion que cette loi soit basée sur la liberté, sur l'initiative individuelle et non sur l'obligation, contraire au sentiment d'indépendance du caractère français.

M. LE PRÉSIDENT regrette que l'heure avancée n'ait pas permis d'entendre un exposé plus étendu du travail de M. Cantagrel, qui complète celui de M. Gruner. Il pense qu'il sera possible d'insérer ces deux mémoires dans le Bulletin, et exprime l'espoir que ces travaux attireront l'attention de nos législateurs, qui sauront reconnaître la meilleure voie à suivre, au milieu des différents projets qui leur sont soumis.

La Société a reçu une note de M. Aucoc, membre de l'Institut, intitulée : *l'Inauguration des chemins de fer en France; sa véritable date.* En voici quelques extraits :

« Il est question en ce moment de célébrer, pendant l'année 1887,
» le cinquantenaire de l'inauguration des chemins de fer en France.
» C'est une grave erreur historique.....

. . . . . .

» Quand on a quelque souci de faire rendre justice à l'initiative de
» l'industrie française en matière de chemins de fer, et de conserver
» intacte cette partie de l'honneur national, on ne peut pas laisser
» dire que c'est seulement en 1837 qu'un chemin de fer, portant des
» voyageurs et des marchandises à l'aide d'une locomotive, a été, pour
» la première fois, inauguré en France, entre Paris et Saint-Germain.
» Prétendre célébrer en 1887 le cinquantenaire des chemins de fer
» français, c'est méconnaître l'histoire, c'est abaisser le drapeau de la
» France devant plusieurs nations que nous avons devancées ou éga-
» lées, au début. Est-ce donc faire acte de patriotisme?..... »

M. LE PRÉSIDENT dit, à ce sujet, que les promoteurs de la fête du cinquantenaire des chemins de fer français ont sollicité, à plusieurs reprises, le concours de la Société.

Après examen, le Comité a cru devoir rejeter purement et simplement cette demande.

M. FLEURY remet à la Société un exemplaire — accompagné d'une

traduction — d'une brochure dans laquelle M. Huet, ingénieur hollandais, professeur à l'École polytechnique de Delft, traite un sujet qui intéresse au plus haut degré la Hollande : la question des polders et des desséchements. La traduction est due à un de nos collègues les plus dévoués, M. Mlodecki. M. Huet est actuellement en polémique avec M. Backman et M. Stiddjes, sur la meilleure manière de dessécher le Zuyderzée. Ces derniers sont partisans du système ordinairement préconisé, celui des enceintes circulaires avec épuisements continus, qui est d'autant plus économique que le polder à acquérir présente une surface plus grande relativement à son périmètre, c'est-à-dire se rapproche davantage d'un cercle. M. Huet conclut au contraire, dans sa brochure, que l'on pourrait créer, avec une moindre dépense, des terres cultivables, en constituant dans le Zuyderzée des polders marins avec une digue à la partie basse, une rigole à la partie supérieure. Dans ces conditions, il estime que l'entreprise serait très fructueuse. Les travaux dureraient cinq ou six ans, entraîneraient une dépense de 1,000 florins par hectare de terre acquise sur la mer, et l'hectare se vendrait facilement 3,000 florins.

M. Fleury pense que la brochure de M. Huet pourra intéresser nos collègues, car il existe en France un grand nombre de terres susceptibles de devenir des polders dont on ne s'occupe pas autant qu'il conviendrait.

Quoi qu'il en soit, il saisit avec plaisir l'occasion de la présentation de cette brochure pour renouveller l'expression de ses sentiments de sympathique confraternité aux Ingénieurs hollandais, et il le fait avec la confiance que ces sentiments trouveront un écho dans le sein de la Société.

MM. Bonnel, Blum, Freund, Rist, Waddell et Zemette ont été reçus membres sociétaires, et MM. Cardot et Van-Kalck comme membres associés.

La séance est levée à onze heures un quart.

LE SILICIUM

ET

LA FONTE DE MOULAGE

PAR

M. FERD. GAUTIER

Ingénieur civil des Mines

Affinité du fer et du carbone.

Le fer, complètement dépourvu de carbone, ne peut guère s'obtenir que par des procédés de laboratoire ; dans la pratique de la métallurgie, il faut toujours associer, plus ou moins, l'idée de fer à celle de carbone, et dans les arts, on n'emploie jamais de fer qui ne soit pas carburé, ne fût-ce que dans la proportion de un à deux millièmes.

Cette affinité du carbone pour le fer, se manifeste dans beaucoup de circonstances.

Il suffit de chauffer au rouge, du fer avec du carbone, ou un corps qui puisse fournir du carbone, pour obtenir une carburation énergique du fer.

La *Cémentation*, qui a pour but de transformer, par carburation, le fer en acier, obtient ce résultat par le chauffage prolongé et en vase clos, du fer en barres, en présence du charbon de bois.

La *réduction* de l'oxyde de fer par l'oxyde de carbone donne un métal carburé, ce qui ne peut avoir lieu que par le dédoublement connu de l'oxyde de carbone en carbone et acide carbonique. Ici, le fer à l'état naissant décompose un oxyde aussi défini que l'oxyde de carbone, pour s'emparer de ce dernier corps. En général, il

n'est pas nécessaire de recourir à un moyen aussi détourné, pour carburer le fer. Il suffit de le chauffer, dans une atmosphère de gaz carburés, comme le gaz d'éclairage, les vapeurs de pétrole, etc.

Le cyanogène et tous les composés analogues du carbone et de l'azote, même les cyanures alcalins et les divers prussiates, sont des carburateurs énergiques, que l'on utilise dans la trempe en paquet.

Cette facilité d'absorption du carbone, par le fer, a cependant une limite qui varie avec les substances étrangères en présence et qui est rapidement atteinte.

Classification et propriétés générales des différents termes de la série des fers carburés.

On appelle FER, d'après la convention internationale réunie en 1876, à l'occasion de l'Exposition universelle de Philadelphie, tout ce qui a moins de six millièmes de carbone et qui ne prend pas sensiblement la trempe.

On le divise, suivant les procédés employés pour l'obtenir, en *fer* proprement dit, n'ayant pas subi la fusion et renfermant une proportion notable de scories, et en *fer fondu* ou métal doux, qui a subi la fusion et ne contient pas de scories.

L'ACIER renferme de six millièmes à vingt millièmes environ de carbone et prend la trempe.

On le divise en *acier de forge,* qui n'a pas subi la fusion (acier puddlé, acier naturel), et en *acier fondu ;* le premier renferme des scories, et l'autre des traces seulement.

Enfin, on appelle FONTE tout ce qui a plus de 2,0 0/0 de carbone.

Quand il n'y a pas de substances étrangères en présence, le maximum de carbone que peut absorber du fer est de 4 à 4,5 0/0, ce qui correspond sensiblement à la formule Fe^5C, un équivalent de carbone pour cinq de fer. Quoiqu'on n'ait pu encore isoler ce carbure de fer et que toutes les présomptions soient plutôt pour une dissolution du carbone dans le fer que pour une véritable combinaison, nous nous rallierons à la manière de voir exprimée par M. Boussingault, dans les Etudes sur la transformation du fer en

acier par la cémentation et nous considérerons comme limite de carburation du fer, la formule Fe^5C, de préférence aux autres combinaisons, Fe^4, Fe^8C, qu'on n'a pas plus isolées que Fe^5C et qui représentent moins bien les proportions que donne l'analyse chimique.

Dans l'échelle des fers plus ou moins carburés, qui s'étend depuis le fer le plus doux jusqu'à la fonte à plus de 4 0/0 de carbone, ce dernier corps joue un rôle qu'il est intéressant de caractériser.

Si nous considérons la fusibilité et la facilité d'étirage, nous voyons que :

1° La *fusibilité* augmente avec la proportion de carbone que renferme le fer ; elle est minima dans le fer pur au minimum de carburation et maxima dans la fonte ;

2° La *facilité d'étirage à chaud* diminue au contraire avec la teneur en carbone du fer ; elle est maxima dans le fer doux et nulle dans la fonte ;

3° La *facilité d'étirage à froid* est parallèle à celle de l'étirage à chaud et elle suit la même loi continue, en raison inverse de la proportion de carbone.

Cesgénéralités nous amènent à considérer plus particulièrement la fonte, c'est-à-dire le fer à son degré maximum de carburation.

La Fonte.

Nous savons que parmi les diverses sortes de fers carburés, c'est la fonte qui possède, au plus haut degré, la fusibilité ; c'est cette propriété spéciale, jointe à une certaine résistance à la traction et surtout à la compression, qui a fait, de la fonte la matière la plus employée dans la fonderie.

La *fonte de moulage* ne semble pas avoir été connue de toute antiquité, comme le fer. Nous ne la voyons apparaître, comme élément des constructions et de la fonderie, que depuis le commencement de ce siècle ; cependant elle est plus ancienne.

Tant que l'on a obtenu le fer, dans des bas foyers, par le traitement direct des minerais au contact du charbon de bois, il ne pou-

vait se produire de fonte qu'accidentellement ; ce n'est que plus tard, dans la fabrication du fer au four à cuve, connu sous le nom de *stückofen* ou *four à masse*, que la fonte se produisit fréquemment; on sait que, dans ce genre de four, on traitait des couches superposées de minerai et de charbon de bois par le vent forcé et on n'obtenait de fer qu'en inclinant fortement les tuyères et faisant alterner l'action oxydante avec l'action réductrice.

En augmentant la hauteur des stuckofen et maintenant les tuyères horizontales, on créa le *flussofen* ou *four de fusion*, qui ne produisait plus de fer, mais seulement de la fonte.

Agricola, dans son ouvrage métallurgique *De re metallica*, publié en 1548, et le plus ancien que nous connaissions sur ce sujet, ne parle ni des flussofen, ni de la fonte. Il semble certain cependant que ce genre de four et le produit qui en dérive, s'introduisirent dans le Harz en 1550.

Au commencement du siècle suivant, les flussofen se transformèrent en véritables hauts fourneaux, sur les bords du Rhin et dans les Pays-Bas espagnols (Belgique actuelle). De là, ils passèrent en Angleterre, pour se répandre ensuite en France, et la fonte devint la matière première uniquement employée pour la fabrication du fer par affinage. Il fallut ensuite peu de temps pour faire apprécier les qualités précieuses de la fonte dans la fonderie, et c'est alors que fut créée la *fonte de moulage*, qui doit nous occuper plus spécialement dans ce travail.

On connaît plusieurs espèces de fontes, que l'on caractérise d'habitude par l'aspect de leur cassure : la *fonte blanche*, la *fonte grise* et la *fonte* intermédiaire ou *truitée*, présentant des taches noires sur fond blanc ou des taches blanches sur fond noir, suivant que c'est l'élément blanc ou noir qui prédomine. Cette dernière dénomination est tirée de la ressemblance avec la peau tachetée de la truite. Dans la fonte truitée, l'élément le moins abondant semble concentré en boules ou sphères, irrégulièrement répandues dans la masse ; ces sphéroïdes coupés par le plan de cassure donnent lieu à des cercles, qui produisent les taches rondes que l'on observe, toute section plane d'une sphère étant un cercle.

Ces aspects divers de la fonte n'ont pu être expliqués que par la chimie moderne. Comme nous le dit M. Culmann, dans sa tra-

duction de la *Métallurgie de Karsten*, les opinions les plus diverses se sont fait jour au siècle dernier sur ce sujet.

« Réaumur prétendait que le fer se trouvait combiné avec des » soufres et des sels dans l'acier et dans la fonte et que la fonte » blanche surpassait la grise sous le rapport de la pureté.

» Bergman pensait que le fer, l'acier et la fonte contenaient du » phlogistique et de la plombagine regardée comme un soufre, ou » un composé d'air fixe et de phlogistique ; que le fer contenait moins » de plombagine et plus de phlogistique pur que l'acier ; et que la » même différence existait entre ce dernier et la fonte grise. Pour » ce qui est de la blanche, il supposait qu'elle contenait moins de » principe de la chaleur que le premier.

» Rinman regardait le fer doux comme contenant plus de phlo- » gistique élémentaire ; mais la fonte grise renfermait plus de » plombagine ou de phlogistique impur et grossier.

» Monge, Berthollet et Vandermonde, dans leur *Mémoire sur les* » *différents états métalliques du fer*, publié en 1786, considèrent la » fonte comme un régule dont la réduction n'étant pas complète, » retient une portion de l'oxygène du minerai et qui, en contact » immédiat avec le charbon, absorbe une certaine dose de ce com- » bustible, dont l'affinité pour le métal ne laisse aucun doute ; ce » seraient donc les proportions de ces deux substances qui feraient » varier la nature du fer cru : la fonte deviendrait blanche si elle » contenait peu de charbon et beaucoup d'oxygène ; elle serait grise, » dans le cas contraire. »

Nous avons hâte d'arriver à Karsten, auquel nous devons la véritable distinction entre la fonte blanche et la fonte grise.

Pour lui, comme pour les métallurgistes modernes, dans la fonte blanche le carbone est tout entier *combiné* ou *dissous*, tandis que dans la fonte grise, une partie du carbone seulement est combinée, l'autre est à l'état de *graphite*.

Dans la fonte grise, en effet, nous voyons du carbone à deux états que l'analyse chimique nous révèle, si notre œil ne nous le montrait pas avec assez de netteté. Une partie du carbone se dissout complètement dans les acides et les colore plus ou moins profondément en brun ; l'autre est insoluble dans ces mêmes acides et se présente sous forme de lamelles, ayant quelquefois plusieurs millimètres de

diamètre et qui sont souvent cristallisées en tables hexagonales, c'est le graphite.

Cette séparation du graphite de la fonte grise n'a lieu que par le refroidissement et il est certain que, par la fusion, le graphite se redissout dans le métal liquide.

Comme l'explique très nettement M. A. Ledebur dans sa *Sidérurgie*, le graphite ou carbone amorphe, n'ayant qu'une densité de 2,3, ne saurait coexister dans la fonte liquide, dont la densité est supérieure à 7, sans se rassembler à la surface. Puisque après solidification de la fonte, le graphite se trouve répart iuniformément, c'est qu'il était dissous dans le liquide et qu'il ne s'est séparé de la masse que par une diminution de solubilité au moment de la solidification.

On connaît, au point de vue de la fonderie, les propriétés différentes de la fonte blanche et de la fonte grise.

La fonte blanche est surtout dure et possède, cependant, une certaine résistance au choc; elle se moule moins bien que la fonte grise, mais elle répond à certains emplois spéciaux où la dureté joue le rôle principal.

Nous citerons les laminoirs à tôle mince, les cylindres à moudre le blé, les roues de chemins de fer en Amérique, les projectiles Palliser, les cuirassements du genre Gruson, etc.

On peut obtenir la fonte blanche par plusieurs procédés différents; mais en fonderie, on ne l'emploie guère que comme une transformation de la fonte grise par la *trempe* ou refroidissement brusque au contact d'un moule métallique.

Transformation de la fonte grise en fonte blanche par la trempe.

Par la trempe, la fonte grise, de composition chimique convenable, se transforme, superficiellement et jusqu'à une certaine profondeur, en fonte blanche, qui conserve alors sa résistance originelle au choc et à la flexion, avec plus d'élasticité et une dureté superficielle considérable. Par la trempe, le carbone, qui se trouvait à l'état de graphite dans la fonte grise, passe à l'état de combinaison ou de dissolution; ce qui produit le blanchiment et la dureté.

Dans ses *Études sur la fonderie,* M. Deny a cherché, par un calcul simple, à se rendre compte des conditions dans lesquelles se produit la trempe de la fonte, pour une pièce de poids P, dans une coquille de poids. En désignant par t_1 la température finale et respectivement par c, c_1 c_2 les chaleurs spécifiques, de la fonte solidifiée, de la coquille à la température t et de la fonte liquide à la température T, on trouve facilement

$$P\ (c_2\ T - c\ t_1) = Q\ (c_1\ t_1 - c\ t)$$

en exprimant que la quantité de chaleur perdue par la fonte est égale à celle qui est gagnée par la coquille, d'où:

$$\frac{Q}{P} = \frac{c_2\ T - c_1\ t_1}{c_1\ t_1 - c\ t}.$$

En supposant, pour simplifier, que toutes ces chaleurs spécifiques ne diffèrent pas très sensiblement, on voit que l'on a

$$t_1 - t = \frac{P}{Q}(T - t_1)$$

c'est-à-dire que, pour un poids donné de coquille, son élévation de température est proportionnelle à l'abaissement de température de la pièce.

Comme l'élévation de température du moule tend à détruire la trempe, l'effet produit sera donc d'autant plus fort que la différence $T - t_1$ sera plus faible, ou que *la fonte sera coulée plus froide.*

Cette pratique de couler la fonte aussi peu chaude que possible pour augmenter, toutes choses égales d'ailleurs, l'effet de la trempe, est conforme à ce que nous avons vu dans la fonderie de M. Gruson, à Buckau-Magdebourg, pour la coulée des grandes pièces de cuirassements à coupole. La fonte est amenée dans un bassin fermé par une vanne, que l'on ouvre subitement quand le métal a acquis, par refroidissement, la couleur convenable. Comme le dit très exactement M. Deny : « Le métal liquide coulé chaud renfer-» mera un grand excès de chaleur qui devra être absorbé par la » coquille avant que la solidification de la fonte, à son contact, ne » commence à s'opérer; cet excès de chaleur retardera donc la » solidification et, la rendant plus lente, diminuera la profondeur de » la trempe. L'inverse aura lieu dans la coulée avec fonte relati-» vement froide. »

Quand nous aurons expliqué le rôle que joue le silicium et le manganèse dans la fonderie, nous donnerons les diverses méthodes que l'on peut employer pour transformer la fonte grise en fonte blanche. Il nous suffira, pour le moment, de savoir que cette transformation est possible et généralement assez facile par la *trempe en coquille*.

En dehors des emplois spéciaux que nous avons cités plus haut, la fonte blanche n'est qu'une exception en fonderie. Son grand retrait, son peu de fluidité, sa fragilité relative, sa dureté considérable qui s'oppose à l'ébarbage, etc., la font rejeter à juste raison.

La véritable fonte de moulage est la fonte grise. C'est elle qui possède au plus haut degré la fluidité, la facilité à prendre les empreintes, la douceur à l'outil pour le travail mécanique et l'ébarbage, le retrait modéré, etc., qui constituent les qualités de la matière première résistante, destinée à la fonderie.

Pour le fondeur, la fonte blanche ou qui blanchit à la coulée est donc, dans la plupart des cas, une non-valeur; car jusqu'à ces derniers temps, la revivification de la fonte blanche par sa transformation en fonte grise était un problème sinon impossible, du moins pratiquement sans valeur.

Difficultés de la transformation de la fonte blanche en fonte grise.

Karsten est le premier qui ait indiqué un procédé pour changer la fonte blanche en fonte grise; il suffit dit-il, « de la refondre » dans des creusets d'argile par l'emploi d'une chaleur très intense » suivie d'une lente congélation ». On comprend que cette méthode ne puisse être employée couramment, car en admettant que l'on réalise la fusion à haute température, dans des creusets d'argile, il ne saurait en être de même pour la coulée dans les moules, qui correspond à un refroidissement plus ou moins rapide. Cette transformation est donc théoriquement possible; elle montre que par une élévation de température on facilite la formation du graphite et qu'on l'empêche de se combiner au fer, en retardant la congélation

de la masse ; on produit l'inverse de la trempe qui tend à combiner tout le carbone (1).

Nous dirons donc que la transformation de la fonte blanche en fonte grise n'était pas jusqu'ici pratiquement possible et nous ne craignons pas qu'aucun fondeur vienne nous démentir.

Cette impossibilité de transmutation était d'autant plus regrettable que tout concourt à blanchir la fonte. La coulée en objets minces, qui est une sorte de trempe ; les fusions successives ; les additions de vieilles matières, plus ou moins oxydées, plus ou moins détériorées par le chauffage ou l'action de l'humidité, sont tout autant de causes de blanchiment de la fonte, et, par suite, d'insuccès quand on se propose d'obtenir des moulages gris et résistants.

Blanchiment par fusions successives.

Les premiers essais de fusions successives d'une même fonte ont été entrepris par sir Wil. Fairbairn en 1853. C'est seulement en juillet 1886 que les analyses des produits ainsi obtenus ont été faites par M. Thomas Turner, professeur de chimie à Mason's College (Birmingham), et communiquées à la Société Chimique de Londres.

Quoique ces essais aient été faits avec une fonte d'une teneur exceptionnelle en silicium, ils n'en sont pas moins intéressants, car ils montrent la rapidité avec laquelle, par les fusions successives, le

(1) Des expériences de M. J. Lowthian Bell rapportées dans son ouvrage, *Chemistry of Iron smelting*, n'ont pas un caractère plus pratique que celle de Karsten.

En immergeant un barreau de fonte blanche dans un courant de laitier de fourneau marchant en fonte n° 3 (grise à grain demi-serré) et maintenant ce barreau dans un petit bassin que l'on avait bien chauffé auparavant, on a recueilli de la fonte grise à grain serré sur une certaine épaisseur. La même fonte refondue au creuset d'argile est devenue de la fonte n° 3 franchement grise.

Cette expérience n'est pas concluante, car la fusion au creuset, qui seule a véritablement transformé la fonte blanche en fonte grise, a pu très vraisemblablement faire passer dans le métal une certaine proportion de silicium qui, comme nous le verrons plus tard, peut suffire pour expliquer cette transformation.

Dans une autre expérience, on a coulé un bloc de fonte blanche de 1 mètre de côté et on l'a laissé refroidir lentement dans son moule en terre, qui avait été séché et chauffé fortement. Pour retarder le plus possible le refroidissement, on a recouvert le tout de sable sec et chaud. Cassé au mouton, au bout de plusieurs jours, ce bloc a présenté, sur les bords, un aspect tout à fait blanc avec quelques taches de gris qui augmentaient de plus en plus, à mesure que l'on approchait du centre. En ce point, l'aspect était gris avec quelques taches de blanc, ce qui de loin donnait à l'ensemble une sorte d'aspect de granit

Il est certain que l'on a réalisé, ainsi, une sorte de transformation de la fonte blanche en fonte truitée, mais on ne saurait y trouver le passage pratique à la fonte grise.

carbone passe de l'état de graphite à l'état de combinaison, en même temps que le silicium décroît.

N° d'ordre des Fusions	Carbone total	Carbone combiné	Graphite	Silicium	Soufre	Manganèse	Phosphore
—	—	—	—	—	—	—	—
1	2,67	0 25	2,42	4,32	0,03	1,75	0,47
8	2,97	0,08	2,89	3,21	0,05	0,58	0,53
12	2,94	0,85	1,09	2,52	0,11	0,33	0,55
14	2,98	1,31	1,67	2,18	0,13	0,23	0,56
15	2,87	1,75	1,12	1,95	0 16	0,17	0,58
16	2,83	—	—	1,88	0,20	0,12	0,61
18	—	2,20	—	—	—	—	—

On voit que de la fonte, qui n'avait que 0,25 de carbone combiné, finit, à la fusion n° 18 par en avoir 2,20, sur 2,80 environ.

Ces fusions ont été faites dans des creusets chauffés à un feu de forge; il est probable que les modifications auraient été non moins profondes si les fusions avaient eu lieu au cubilot.

Dans des essais plus récents, à la Fonderie Impériale de Gleiwitz (Silésie), et au cubilot, on a obtenu les résultats suivants :

	1re fusion	2me fusion	3me fusion
	—	—	—
Carbone total	3,39	3,34	3,36
— combiné . . .	0.66	0,80	1,28
Graphite	2,73	2,54	2,08
Silicium	2,42	1.88	1.16
Manganèse	1,09	0,44	0,36
Soufre.	0,04	0,10	0,20
Phosphore.	0,31	0,30	0,28

Les altérations subies par le graphite, le silicium et le manganèse sont encore plus frappantes que dans les expériences de Fairbairn; et par la manière dont elles ont été obtenues, elles se rapprochent davantage de ce que donne la pratique de la fonderie.

On voit que, s'il est difficile de transformer de la fonte blanche en fonte grise, il n'en est pas de même du problème inverse et que le passage du carbone de l'état de graphite à l'état de combinaison, ce qui constitue le blanchiment de la fonte grise, est une opération qui se pratique plus ou moins tous les jours dans les fonderies, sans qu'on le veuille, sans qu'on le cherche et malgré soi.

Les idées que les praticiens, tout aussi bien que les métallurgistes théoriciens, avaient de l'influence qu'exercent sur les fontes de moulage les diverses impuretés que l'on peut y rencontrer, pouvaient être considérées, jusqu'à ces dernières années, comme un peu vagues. Cela tient à ce que tout ce qui concerne la fonderie était resté jusqu'à présent entre les mains d'empiriques,

de praticiens, qui se croyaient toujours en possession de recettes infaillibles pour produire telle ou telle qualité et qui cherchaient peu à faire la lumière au profit de tous.

Travaux de M. Th. Turner sur les fontes de moulage.

Lorsqu'en 1885 M. Th. Turner, de Birmingham, dont nous avons parlé plus haut déjà, fit à la Société Chimique de Londres une suite de communications ayant pour titre : « l'*Influence du silicium sur les propriétés de la fonte de moulage* », l'étonnement fut assez grand en Angleterre quand on vit l'auteur réclamer pour le silicium une influence bienfaisante sur les fontes de moulage, au moins, jusqu'à une certaine limite.

Dans la communication de M. Turner à la réunion de Londres de l'Iron and Steel Institute, en mai 1886 et qui avait pour titre : « *les Eléments constitutifs de la fonte de moulage*, ces affirmations de la nécessité de la présence du silicium, pour constituer une bonne fonte de moulage, prenaient un caractère plus affirmatif encore.

M. Turner expérimenta de la manière suivante :

Il prit du fer du Staffordshire qu'il fondit avec du charbon de bois dans des creusets. Il obtint une fonte peu carburée, blanche, ayant la composition suivante :

Carbone combiné	1.60	1.98
Graphite	0.38	
Silicium	0.19	
Phosphore	0.32	
Manganèse	0.14	
Soufre	0.05	

Il prit ensuite du *ferrosilicium* contenant :

Carbone combiné	0.69	1.81
Graphite	1.12	
Silicium	9.80	
Phosphore	0.21	
Manganèse	1.95	
Soufre	0.04	

En faisant des fusions de ces deux corps, fonte et ferro-silicium, mélangés en proportions variables et soumettant les produits à différents essais, il obtint les résultats consignés dans le tableau suivant *(Voir p. 223)*.

Les essais de densité ont été faits sur un morceau du métal et sur des copeaux obtenus par le tournage.

La dureté a été essayée par un procédé nouveau que nous signalerons et qui consiste à déterminer, en grammes, le poids dont il faut charger un diamant que l'on promène à la surface du métal, pour y produre une rayure. Ce mode de détermination de la dureté est essentiellement comparatif, mais il peut devenir absolu en y soumettant des corps de dureté connue.

Le maximum de résistance à la traction correspond à 2 0/0 de silicium, tandis que le maximum de résistance à l'écrasement ne comporte que 1 0/0 de silicium ; ce dernier corps augmente donc la douceur de la fonte, et proportionnellement à la quantité en présence, comme le montre clairement le tableau.

Il ressortait déjà, de cet ensemble d'expériences, que le silicium jouait dans les propriétés générales de la fonte de moulage un effet plutôt bienfaisant que nuisible.

Dans la discussion, qui suivit cette intéressante communication, M. Ch. Wood, dont nous reparlerons plus loin, fit observer que, d'après son expérience personnelle, la meilleure composition de fonte de moulage devait être, suivant les emplois :

	Graphite	Carbone combiné	Silicium
	—	—	—
Plus grande résistance à la traction.	1.62	0.56	1.96
— — transversale.	0.50	1.75	1.37
— — à l'écrasement.	0.24	1.85	0.96

Travaux de M. Ch. Wood sur les fontes siliceuses.

M. Ch. Wood, de Middlesbrough avait, au mois de septembre de l'année précédente, fait, à la réunion de Glasgow, de l'Iron and Steel Institute, une communication capitale sur la valeur de la fonte siliceuse dans la fonderie.

Nous en aurions parlé plus tôt, en suivant l'ordre chronologique

EFFETS DU SILICIUM SUR LES PROPRIÉTÉS DE LA FONTE

SILICIUM CALCULÉ	ANALYSE CHIMIQUE							DENSITÉ A 20° CENT. comparativement à l'eau à la même température		DURETÉ	CHARGE de RUPTURE à la traction en kilogr. par mill. carré	COEFFICIENT D'ÉLASTICITÉ	RÉSISTANCE à l'écrasement en kilog. par mill. carré	RÉSISTANCE relative de rupture à la flexion
	SILICIUM	CARBONE			PHOSPHORE	MANGANÈSE	SOUFRE	EN MASSE	EN TOURNURES	RELATIVE				
		total	graphite	combiné										
0	0,19	1,98	0,38	1,60	0,32	0,14	0,05	7,560	7,719	72	15k,8	25.790.000	119k	1
0,5	0,45	2,00	0,10	1,90	0,33	0,21	0,03	7,510	7,670	52	19,2	28.670.000	142	1,21
1	0,96	2,09	0,24	1,85	0,33	0,26	0,04	7,641	7,630	42	19,9	31 180.000	144	1,24
1,4	1,37	2,21	0,50	1,71	0,30	»	0,05	7.535	7,473	»	22,5	23.500.000	128	1,28
2	1,96	2,18	1,62	0,56	0,28	0,60	0,03	7,518	7,330	22	24,5	23.560.000	96	1,25
2,5	2,51	1,87	1,19	0,68	0,26	0,75	0,05	7,422	7,388	22	22,8	25.450.000	121	1,30
3	2,96	2,23	1,43	0,80	0,34	0,70	0,04	7,258	7,279	22	19,1	21.150.000	89	1,05
4	3,92	2,01	1,81	0,20	0,33	0,84	0.03	7,183	7.218	27	17,5	15.640.000	74	0,93
5	4,74	2,03	1,66	0,37	0,30	0,93	0,05	7,167	7,170	32	15,6	18.720.000	72	0,85
7,5	7,83	1,86	1,48	0,38	0,29	1,36	0,03	7,128	7,138	42	8,3	14.730.000	78	0,56
10	9,80	1,81	1,12	0,69	0,21	1,95	0,04	6,978	6,924	57	7,4	13.930.000	54	0,45

des faits, si nous n'avions pas voulu donner, dans leur entier, les travaux de M. Turner, qui ont précédé ceux de M. Wood, et qui les ont inspirés, de l'aveu même de l'auteur. C'est, en effet, pour vérifier en grand, sur une échelle vraiment pratique, les résultats obtenus en petit par M. Turner que M. Ch. Wood a été conduit à expérimenter, au cubilot, à raison de 60 tonnes par jour et pendant plusieurs mois, des mélanges différents, au point de vue de la teneur en silicium et en carbone combiné.

Secondé par les analyses de M. Stead, le savant chimiste de Middlesbrough, M. Wood formula les conclusions suivantes :

1° Pour faire des moulages doux, à angles vifs et à empreintes nettes, avec la fonte du Cleveland, le mélange doit renfermer :

Silicium	2.60 à 3
Carbone combiné.	0.15 à 0.10

2° Pour faire de grosses pièces, il faut :

Silicium.	1.80 à 2
Carbone combiné.	0.60 à 0.40

Pour confirmer d'une manière plus complète encore l'influence adoucissante du silicium sur la fonte, M. Wood, comme le lui suggéra M. Stead, fit des mélanges en proportions variables de fonte blanche du Cleveland et de fonte à 4.43 0/0 de silicium.

La fonte blanche contenait :

Silicium.	1.00
Carbone combiné.	3.33

La fonte siliceuse avait :

Carbone combiné.	0,10	3,25
Graphite	3,15	
Manganèse.	0,72	
Silicium.	4,48	
Soufre.	0,01	
Phosphore.	1,97	

Voici les résultats obtenus avec ces différents mélanges :

N°	Fonte blanche	Fonte siliceuse	Silicium	Carbone combiné	Résistance
21	1/6	5/6	3,66	0,10	1
22	1/3	2/3	3,14	0,12	1,12
23	1/2	1/2	2,71	0,14	1,15
24	2/3	1/3	1,89	0,95	1,06
25	5/6	1/6	1,67	1,32	0,98
	0	1	4,48	0,10	0,83
	1	0	1,00	3,33	0,94

Les numéros 21, 22 et 23 donnèrent une fonte à grain serré, douce et pouvant s'entailler par tous les outils, surtout le numéro 23, qui pouvait faire d'excellentes pièces mécaniques. Les numéros 24 et 25, quoique plus durs, étaient gris et pouvaient facilement se limer et se couper.

Ainsi, un sixième de fonte siliceuse à 4.50 0/0 suffit pour transformer en fonte grise cinq sixièmes de fonte blanche, ce qui confirme ce qu'il avait déjà trouvé par l'expérience, que toute fonte, quelque dure qu'elle fût, pouvait être adoucie par une addition convenable de fonte siliceuse.

Cette communication, remarquable aussi bien par la nouveauté des faits exposés que par leur haute conséquence pratique, ne fut par accueillie avec la faveur qu'elle méritait.

M. Edw. Riley reconnut que si la fonte blanche pouvait être adoucie par le silicium, c'est qu'une partie du carbone combiné devait être changée en graphite ; mais qu'il était dangereux d'ajouter du silicium et que ce qui valait encore mieux c'était d'avoir, dans la fonte de moulage, rien que du carbone et du fer.

M. Gjers disait que, sans doute, en ajoutant de la fonte siliceuse à des vieilles fontes dures on peut les améliorer, et ce résultat a été obtenu, depuis plusieurs années déjà ; mais aucun fondeur sérieux ne voudrait employer un semblable mélange pour une pièce de quelque importance. Pour lui, les fontes à haute dose de

silicium sont mauvaises, on ne peut s'y fier, et elles resteront mauvaises, avec quelque matière qu'on les mélange (1).

M. W. Richards, pour lui, trouvait que, moins il y a de silicium dans la fonte, mieux cela vaut, en général, au moins pour la résistance; autrement, il ne s'expliquerait pas pourquoi on paierait si cher les fontes à l'air froid, qui ne se distinguent guère des autres fontes que par leur basse teneur en silicium.

Essais du ferrosilicium dans la fonderie en France.

Lorsque nous eûmes connaissance de la communication de M. Ch. Wood, à Glasgow, nous ne connaissions pas les travaux de M. Th. Turner et nous fûmes frappé de l'importance considérable que cet ensemble de faits pouvait avoir pour la pratique de la fonderie. Il était certain, pour nous :

1° Que le *silicium* pouvait se rencontrer dans les fontes de moulage, en quantité assez importante, sans nuire à leurs qualités générales ;

2° Que ce silicium exerçait même une influence avantageuse sur certaines propriétés des fontes ;

3° Que l'incorporation d'une certaine quantité de silicium à la fonte blanche constituait une méthode tout à fait nouvelle pour résoudre le problème si désiré par les fondeurs, *transformer la fonte blanche en bonne fonte grise*, et que l'on avait pu regarder jusqu'à présent comme pratiquement insoluble.

On voit que le mauvais accueil fait, par le meeting de l'Iron and Steel Institute, aux expériences si concluantes de MM. Ch. Wood et Stead, ne nous influença nullement. Soutenu par quelques idées théoriques que nous développerons plus loin, nous cherchâmes, immédiatement, à faire passer ces résultats dans la pratique de la fonderie française.

Ne nous occupant ni de la fabrication, ni de la vente des fontes très siliceuses, nous nous adressâmes à un de nos amis. Il fournissait, à quelques aciéries françaises, du ferrosilicium, pour la fabrication des nouveaux aciers siliceux, type Vickers. Ce ferrosilicium,

(1) Depuis, M. Gjers a dû changer de manière de voir ; car, actuellement, il a un haut fourneau qui produit exclusivement du ferrosilicium, ayant de 9 à 13 0/0 de silicium, à l'usage des fondeurs (Ayresome Ironworks-Middlesbro).

qui provenait d'abord des hauts fourneaux de Govan (Glasgow), puis de ceux de Terrenoire, renfermait de 9 à 11 0/0 de silicium. Il nous sembla indiqué, comme condensant suffisamment le silicium et d'un prix abordable par les fondeurs pour incorporer ce métalloïde dans leurs mélanges.

Notre objectif était de remplacer, dans la fonderie française, les fontes d'Ecosse, si usitées, pour porter des bocages plus ou moins blancs et qui remplissent si mal ce but, en présence de la fonte tout à fait blanche.

Guidés par un barème qui tenait compte de la quantité probable de silicium renfermée dans les diverses qualités de fontes qui se rencontrent sur le marché des vieux métaux, les fondeurs français essayèrent l'incorporation du ferrosilicium. Mieux avisés que leurs concurrents de l'autre côté de la Manche, ils accueillirent cette nouveauté, timidement d'abord, puis plus hardiment, consommant le ferrosilicium par wagons entiers. Dans une question d'adjudication de fontes d'Écosse pour un de nos arsenaux, nous avions proposé d'y substituer le ferrosilicium, et grâce à l'intervention du ministre de la guerre, cet alliage intéressant put être essayé et passer dans la pratique des fonderies de l'État.

Les différentes matières que l'on rencontre, comme fontes, sur le marché des vieux métaux, sont :

1° Les bocages *mécaniques :* ce sont des débris de pièces de machines d'un assez gros diamètre, en général. On peut leur supposer en moyenne 1,5 0/0 de silicium.

2° La *marmitaille :* ce sont des débris de pièces généralement minces, mais qui n'ont pas subi de transformation chimique par chauffage ou brûlure. Tout au plus, vu leur grande surface, relativement à leur poids, ces pièces sont-elles un peu oxydées à la surface. Silicium : 1 à 1,5 0/0.

3° La *fonte chauffée*, c'est-à-dire qui a subi un chauffage prolongé, sans cependant arriver jusqu'à la décomposition chimique qui caractérise la brûlure.

4° La *fonte brûlée*, c'est-à-dire les barreaux de grille, les pièces de fumisterie, plus ou moins couvertes superficiellement d'écailles d'oxyde de fer et généralement altérées dans leur composition chimique, comme

teneur en carbone et comme proportion de silicium. Dans la pratique de la fonderie, cette qualité de vieille fonte était sans emploi, car les fontes d'Ecosse, même à forte dose, n'en permettaient pas l'addition au cubilot. Quoique les fontes brûlées renferment, dans leur partie saine, une proportion de silicium qui peut dépasser 1,5 0/0, il vaut mieux les considérer comme non siliceuses, à cause de l'oxyde de fer qu'on y rencontre et qui produit un effet d'affinage prononcé.

5° Enfin les *tournures de fonte*, lorsqu'elles sont récemment obtenues, participent de la composition chimique des fontes dont elles proviennent. Lorsqu'elles sont plus ou moins oxydées, elles se rapprochent de la nature des fontes brûlées, avec une difficulté spéciale d'emploi, qui tient à leur état de division.

6° Quant aux *bocages franchement blancs*, les fondeurs les évitent avec soin, sauf pour la fabrication des fontes trempées.

Voici quelques exemples des mélanges qui étaient recommandés aux fondeurs, en tenant compte de la quantité probable de silicium que les éléments employés pouvaient renfermer et en cherchant à se rapprocher d'une teneur de 2 0/0 de silicium dans les produits à obtenir.

1° *Bocages mécaniques seuls.*

95 kilogr. bocages mécaniques.
5 — ferrosilicium à 10 0/0.

2° *Bocages mécaniques et marmitaille.*

46 kilogr. bocages mécaniques.
46 — marmitaille.
8 — ferrosilicium à 10 0/0.

3° *Bocages mécaniques et fonte brûlée.*

45 kilogr. bocages mécaniques.
45 — fonte brûlée.
10 à 12 — ferrosilicium à 10 0/0.

4° *Fonte brûlée* ou *fonte blanche.*

80 kilogr. fonte brûlée ou fonte blanche.
20 kilogr. ferrosilicium à 10 0/0.

Comme emploi pratique, le ferrosilicium s'ajoutait au cubilot, en même temps que les charges, sans qu'il y ait lieu de modifier la proportion de coke ou la pression du vent soufflé. La seule précaution que l'on recommandait, pour un premier essai, était d'opérer sur une quantité assez grande, pour que le métal fût suffisamment chaud et que la réaction du silicium pût se faire facilement.

Dans une application que nous avions cherché à réaliser, pour obtenir des ébarbures douces et grises dans des moulages de très faible épaisseur, nous fûmes surpris de ne pas avoir d'amélioration par une addition de ferrosilicium. La fonte était des premières marques d'Ecosse et en n° 2. L'analyse chimique de cette fonte donnait :

Graphite	0.80
Carbone combiné.	0.72
Silicium.	2.14
Manganèse	1.87
Phosphore.	0.50
Soufre	0.04

Cette fonte avait la proportion de silicium qui correspondait aux chiffres considérés par MM. Turner et Ch. Wood, comme donnant de bons résultats au point de vue de la douceur. On ne pouvait accuser la teneur en soufre ou en phosphore, c'était donc le manganèse, en proportion presque égale à celle du silicium qui contrebalançait l'effet de ce dernier. C'est ce que les considérations théoriques, qui vont suivre, permettront d'éclaircir.

Théorie de la transformation de la fonte blanche en fonte grise.

Il serait injuste de dire qu'avant les expériences de MM. Ch. Wood et Stead on ne soupçonnait pas l'influence que pouvait avoir la présence du silicium, en plus ou moins grande quantité, sur l'état auquel se présente le carbone dans les fontes.

Déjà, dans l'*Etat présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, Grüner et Lan disaient en 1862 (p. 729) :

« Les métallurgistes, qui, tout en admettant les deux états

» (combiné et mélangé) du carbone dans les fontes, les ont attri-
» bués à de simples effets de trempe, ont eu le tort de négliger
» des modifications chimiques qui ont dû, souvent, prendre naissance
» dans les expériences par voie sèche auxquelles on soumettait
» ces régules.

» On fond, par exemple, comme Karsten, dans un creuset d'ar-
» gile ou de graphite, avec ou sans charbon, de la fonte blanche
» qu'on soumet, ainsi, à une température supérieure à celle de sa
» formation et l'on observe sa transformation en fonte grise par
» un refroidissement lent. Est-on bien sûr que la calcination n'a
» point fait disparaître certains composants nécessaires à la com-
» binaison du carbone, ou mieux, que le métal n'a pas pris aux pa-
» rois du creuset certains éléments, comme le silicium, qui préci-
» pitent le carbone graphitoïde et font peut-être même disparaître
» l'azote, s'il en existe réellement dans la fonte.

» Tel haut fourneau qui, avec un minerai manganésifère, réduc-
» tible et fusible, donne invariablement de la fonte blanche lamel-
» leuse, ne tarde pas à passer en fonte grise avec un lit de fusion
» plus siliceux, plus réfractaire et moins réductible. Le silicium, en
» ce cas, se substitue évidemment à une portion du carbone com-
» biné qui, expulsé, cristallise sous forme de graphite. »

Plus récemment, dans ses *Études de l'influence du silicium, du soufre, du phosphore et du manganèse sur les qualités des fontes, des fers et des aciers*, M. R. Akerman, professeur à l'Ecole des mines de Stockholm, disait en 1872.

« Une haute température facilite, à la fois, la combinaison du
» silicium et du fer et la séparation, à l'état de graphite, du car-
» bone de la fonte pendant le refroidissement.

» La présence du silicium dans le fer favorise la séparation du
» carbone à l'état de graphite pendant le refroidissement de la
» fonte, ou, en d'autres termes, plus une fonte contient de sili-
» cium, moins le fer a le pouvoir de retenir le carbone en combi-
» naison. Le carbone combiné et les ilicium peuvent, dans une cer-
» taine limite, se remplacer dans leur combinaison avec le fer.

» Nous avons de ce fait une preuve bien nette, c'est que
» lorsque un lit de fusion basique et non sulfureux ne donne que
» de la fonte blanche avec une certaine consommation de char-
» bon de bois, si on ajoute, à ce lit de fusion, assez de quartz

» pour que la teneur en silicium de la fonte s'accroisse quelque » peu, on produit aussitôt de la fonte grise.

» Une autre raison probante, c'est que si on maze de la fonte » grise, ce qui enlève le silicium et une très faible quantité de » carbone, le produit de cette opération est de la fonte blanche, » cela montre bien que, quand le silicium disparaît, le fer acquiert » le pouvoir de retenir plus de carbone en combinaison. »

Dans sa *Sidérurgie* (Handbuch der Eisenhuttenkunde) M. Ledebur, professeur à l'Ecole des mines de Freiberg, disait en 1882 :

« Le silicium abaisse la proportion de carbone que la fonte li- » quide peut dissoudre et facilite, au moment de la solidification, » sa séparation totale ou partielle à l'état de graphite. »

Enfin, M. Deny, dans ses *Études sur la fonderie* disait en 1886, quoique ignorant les travaux contemporains de MM. Turner, Ch. Wood et Stead.

« Le silicium, en proportion notable, diminue la proportion de » carbone combiné jusqu'à la réduire à zéro ; par suite, il adoucit » les fontes, mais diminue leur résistance.

» Pour une même teneur en carbone, la fonte qui renferme le » plus de silicium, blanchit moins, coulée en coquille, et paraît tou- » jours plus noire ; sa principale propriété est donc d'atténuer la » faculté de trempe, de l'annuler même dans les fontes à 3 ou » 3 1/2 0/0 de carbone, quand la teneur s'élève à 3 ou 3 1/2 0/0 » de silicium. »

Mais combien d'industriels ont connu les extraits que nous venons de faire dans les publications spéciales des vingt-cinq dernières années ?

En admettant même qu'ils en aient eu connaissance, les ingénieurs dont la haute mission était précisément d'asseoir sur ces théories une pratique utile, n'en n'ont tiré aucun parti.

Il nous semble que l'on peut en donner plusieurs raisons : la principale, c'est, qu'à côté de ces avantages, que semblait apporter l'introduction du silicium dans la fonderie, se trouvait aussi le danger de manier un corps dont l'excès était considéré comme nuisible.

Dès 1848, M. Janoyer, alors ingénieur à l'Horme (Loire) mettait en garde les fondeurs contre certaines fontes accidentelles, dites *fontes brillantes*, qui tout en se moulant parfaitement, se

brisaient au moindre choc. Il est vrai qu'elles contenaient de 7 à 9 0/0 de silicium.

En 1872, M. Lowthian Bell, dans son ouvrage sur les *Phénomènes chimiques de la fabrication de la fonte*, citait une variété de fonte, connue dans le Cleveland, sous le nom de *fonte glacée* (glazy metal), dont l'extrême fragilité proscrivait tout emploi.

Un fourneau de sa connaissance fabriqua même deux cents tonnes d'un produit ayant l'analyse suivante et impossible à utiliser en fonderie.

Fer	88,18
Carbone combiné	0,79
Graphite	2,59
Silicium	5,13
Manganèse	0,77
Soufre	0,17
Phosphore	1,12
Titane	0,26
Calcium, Magnésium	0,28
	99,29

On a vu, du reste, l'accueil peu sympathique que les métallurgistes anglais ont fait aux résultats de M. Ch. Wood. Malgré les services immenses rendus à l'industrie Bessemer par le silicium, ce métalloïde, à peine connu des industriels auparavant, restait sur la mauvaise réputation que lui avaient faite et les puddleurs, dont il prolongeait le travail en augmentant le déchet, et les fondeurs auxquels il avait causé des rebuts par son excès.

Sans les comunications de M. Turner à la Société chimique de Londres, M. Ch. Wood n'aurait très probablement pas osé faire des expériences sur une échelle aussi considérable; et, qu'il nous soit permis de le dire, la publicité des comptes rendus des réunions de l'Iron and Steel Institute n'aurait pas suffi à vulgariser ce qu'il y avait de général et de méthodique, dans les essais de MM. Ch. Wood et Stead. Il fallait faire ressortir la conclusion que l'on pouvait en tirer pour la conversion de la fonte blanche en fonte grise et l'appuyer par l'exemple pratique des fondeurs de toute une nation appliquant, avec succès des recettes qu'on recommandait et où entrait un alliage dont ils ne connaissaient même pas le nom.

Nous croyons qu'il y a peu d'exemples d'une semblable rapidité de vulgarisation d'un procédé qui ne renverse cependant pas les bases d'une industrie ; cela prouve de quelle importance pratique était la solution du problème et la manière simple et économique par lequelle on y arrivait.

Après notre communication de Londres, en octobre 1887, devant l'Iron and Steel Institute *(Silicon in Foundry iron)* sur les résultats obtenus chez les fondeurs français, par l'emploi du ferrosilicium que nous leur avions suggéré, la transformation de la fonte blanche en fonte grise, par addition de silicium, commença à faire son chemin dans ce pays, où cette méthode avait été imaginée et complètement méconnue.

Il reste à ajouter quelques considérations théoriques relativement à l'influence qu'exerce le silicium sur l'état du carbone dans les fontes.

Nous avons vu que lorsque le fer ne renferme pas de substances étrangères en quantité notable, la limite de solubilité du carbone dans la fonte correspond à la formule Fe^5C. Cela ne veut pas dire qu'il existe réellement un composé défini de 5 équivalents de fer et d'un équivalent de carbone, pas plus que lorsqu'un litre d'eau ne peut pas dissoudre plus de tant de grammes d'un sel, il en résulte qu'il doit forcément exister un hydrate correspondant de ce sel.

D'ailleurs, si l'on doit attacher au mot de combinaison une idée de dégagement de chaleur, le phénomène qui se passe, quand le carbone se dissout dans le fer, serait d'un caractère différent. Les travaux de MM. Troost et Hautefeuille *(Etudes calorimétriques des carbures de fer et de manganèse,* Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1875. T. 90) montrent que le carbone se dissout dans le fer *avec absorption de chaleur.*

D'un autre côté, les travaux de ces mêmes savants *(Etudes calorimétriques des siliciures de fer et de manganèse,* Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1875. T. 91) montrent que le silicium se dissout dans le fer, *sans absorber de chaleur,* ou même, en en dégageant une certaine quantité, faible il est vrai.

Le déplacement du carbone par le silicium dans la fonte, rentre donc dans la catégorie générale des actions chimiques inverses, dont l'une absorbe de la chaleur, tandis que l'autre en produit et c'est cette dernière seule qui est possible.

Sous une autre forme et d'une manière plus simple, nous savons que le silicium est soluble en toute proportion dans le fer, (Caron, Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 10 janvier 1861, p. 1190) tandis que la solubilité du carbone dans le fer est limitée. Il est donc naturel que, si, à du fer renfermant du carbone en dissolution, nous ajoutons une quantité suffisante de silicium, nous précipitions une certaine quantité de carbone dissous et que nous formions du graphite ou carbone insoluble.

Influence des corps étrangers.

L'esprit saisit facilement cette précipitation du carbone par le silicium, comme il comprend toute précipitation chimique, par une raison de différence d'affinité ou de solubilité. Quand on ajoute de l'eau à du camphre dissous dans l'alcool, le camphre se précipite, c'est tout à fait analogue à ce qui se passe quand le carbone dissous et le silicium sont en présence.

Mais, pour que ce phénomène se passe aussi nettement, il ne faut pas d'influences perturbatrices. Il ne faut pas, par exemple, que le silicium soit en présence d'un corps tel que le chrome ou le manganèse, qui peuvent se dissoudre dans le fer en plus grande quantité que le carbone.

On sait que le ferro-chrome peut comporter près de 10 0/0 de carbone. Nous n'avons pas fait l'expérience, qui importe peu pour la fonderie, mais on peut affirmer que si, à du ferro-chrome ayant une forte proportion de carbone combiné, on ajoutait du silicium, on ne produirait guère de graphite, la précipitation du carbone, fortement retenu en dissolution, étant rendue difficile.

Le manganèse a plus d'avidité pour le carbone que n'en a le fer. Il peut d'ailleurs se combiner ou se dissoudre dans la proportion de 6,70 0/0, ce qui correspondrait à la formule Mn^3C, tandis que pour le fer, le maximum de carburation serait Fe^5C ; les équivalents du fer et du manganèse étant presque égaux, on en doit conclure que le silicium aura beaucoup plus de peine à déplacer le carbone combiné ou dissous dans le manganèse qu'il n'en a dans le cas du fer sans manganèse.

Nous avons cité, déjà, le procédé indiqué par le métallurgiste alle-

mand, Karsten, dès 1826, pour transformer la fonte blanche en fonte grise par seconde fusion au creuset d'argile et refroidissement lent. Mais il reconnait que les fontes blanches lamelleuses dites naturelles, c'est-à-dire les fontes spéculaires (*spiegeleisen*), chargées en manganèse, ne subissent pas cette transformation.

Le soufre se prête mal, on le sait, à la production de la fonte graphiteuse; il semble donc augmenter la solubilité du carbone dans la fonte. Il n'est donc pas étonnant, et les expériences de M. Ch. Wood le prouvent, que le soufre nuise à l'action précipitante du silicium sur le carbone.

Conséquences pour les fontes d'Écosse.

Les fontes d'Ecosse ont une réputation solidement établie, comme fontes de moulage, cependant on est peu renseigné, en général, sur la véritable cause de leur qualité, leur composition et leurs défauts.

Voici d'après les analyses les plus récentes, faites par un des premiers chimistes de Londres, ce qu'ont donné les n^{os} 1 des grandes marques d'Ecosse, parmi lesquelles il faut compter Gartsherrie, Glengarnock, Coltness, etc.

Les échantillons ont été achetés sur le marché de Glasgow, et pris sur des gueusets portant la marque des usines :

FONTE N° 1	a	b	c	d	e	f
Carbone combiné	0,71	0,60	0,45	0,82	0,85	0,90
— graphite	2,97	3,27	3,12	2,44	2,69	2,88
Silicium	1,06	3,39	2,15	1,61	2,83	1,76
Manganèse	1,87	1,77	1,30	2,58	2,13	1,58
Phosphore	0,50	0,44	0,44	0,69	0,54	0,47
Soufre	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
Carbone total	3,68	3,87	3,57	3 26	3,54	3,78

On voit qu'il y a une bien grande diversité de composition chi-

mique pour des fontes qui sont vendues, en partie, pour leur grande régularité moyenne, dans un numéro donné, et quelle que soit leur marque.

Les auteurs de l'*État présent de la métallurgie du fer en Angleterre*, ne donnaient pas des analyses plus concordantes :

	N° 1 m —	N° 1 n —	N° 2 p —	N° 4 q —
Carbone graphite. . .	0,7	0,4	0,84	traces
— combiné. . .	2,3	2,7	1,75	4,40
Silicium.	2,88	1,3	2,37	2,68
Soufre.	0,06	0,06	0,07	0,08

Le manganèse n'avait pas été dosé, car, à cette époque, on était loin d'obtenir, aussi facilement que maintenant, la teneur en manganèse des fontes et des minerais. On voit cependant, par les analyses données plus haut, quel rôle important y joue ce métalloïde.

Pour donner une idée de l'obscurité, qui régnait encore jusqu'à ces derniers temps, sur les relations de cause à effet, dans la composition des fontes et leurs propriétés, nous citerons cette opinion de M. David Cowan, directeur des hauts fourneaux de Falkirk, comté de Stirling (Ecosse), opinion imprimée dans le journal *Engineering*, du 28 mars 1884.

« Une des propriétés les plus appréciées dans les fontes d'Ecosse, » c'est de pouvoir porter une grande proportion de bocages ou de » vieilles fontes dures. L'intensité plus ou moins grande de cette » propriété est caractérisée, dans les différentes marques, par la » résistance à l'écrasement. »

Nous voyons, au contraire, d'après les expériences de M. Turner, que la résistance à l'écrasement atteint son maximum, comme on pouvait très bien s'y attendre, quand la proportion de carbone combiné a une valeur importante, car alors la fonte a de la dureté ; mais alors elle ne vaut rien pour porter des bocages, car le silicium y est en faible proportion, autrement, la fonte serait douce.

Voici le résumé d'un certain nombre d'essais mécaniques des mêmes fontes d'Ecosse n° 1, dont nous avons donné l'analyse plus haut. Ces nombres sont tirés de la même communication de M. David

Cowan. La régularité n'est pas non plus très grande à ce point de vue nouveau.

FONTE N° 1	a	b	c	d	e	f
Résistance à la traction . . . . . Kil.	15,6	20,1	20,2	18,8	17	19
Allongement 0/0, mesuré sur 250 millimètres.	0,61	0,65	0,77	0,61	0,66	0,75
Résistance à l'écrasement. . . . . Kil.	86	92	88	93	87	86
Écrasement 0/0 sur 50 millimètres . . .	7,03	12,61	11,90	6,74	7,92	9,70
Résistance à la flexion	1	1,08	1,11	1,08	0,95	1,10
Flèche finale.	1	0,92	1,10	0,96	0,96	1,10
Densité	7,116	7,081	7,114	7,136	7,068	7,089

Les idées anciennes ayant cours sur les fontes d'Ecosse, en France, peuvent être résumées dans ce qu'ont écrit Gruner et Lan.

« Si l'on consulte les exigences de la destination spéciale des » fontes d'Ecosse, on reconnaît que la qualité qu'y recherchent » avant tout les consommateurs, c'est l'homogénéité ou la constance » du grain et de la couleur. Les acheteurs étrangers, qui estiment » ces fontes pour les proportions élevées de vieux moulages ou » bocages qu'elles peuvent supporter en seconde fusion, désirent » surtout, une fois fixés sur ces proportions, n'avoir plus de tâton- » nements à faire, lors de l'emploi de lots nouveaux.

» Après cette première qualité, les consommateurs réclament un » métal fusible, chaud à la coulée, c'est-à-dire bien fluide à l'état » fondu.

» On estime enfin les fontes écossaises, pour leur mollesse, qui les » rend très propres à la préparation de pièces à tourner, limer et » ajuster après moulage.

» Il n'y a certainement pas une égalité parfaite entre toutes les » fontes d'Ecosse, mais elles sont généralement très fusibles et très » fluides ; comme d'autres traits assez constants aussi de ces pro- » duits, on connait leur mollesse et leur faible ténacité.

» Nous pensons que le silicium, et peut-être les métaux terreux, » jouent un rôle beaucoup plus important que le phosphore dans la

» composition de celles-ci ; et, par conséquent, doivent influencer » beaucoup plus leur qualité. Malgré des laitiers extraordinaire- » ment basiques, malgré la présence du manganèse en plus forte » dose qu'on ne le suppose généralement, le contenu des fontes » d'Ecosse en silicium descend rarement au-dessous de 2 à 2,50 0/0. » Il paraît souvent supérieur à la teneur en carbone, tandis que la » proportion de phosphore dépasse rarement 0,50 à 0,60 0/0, quand » elle n'est pas de quelques millièmes seulement. Il semble donc, » qu'ici, comme d'ailleurs, dans bon nombre de roulements en fonte » grise, dans les allures chaudes en un mot, le silicium soit un élé- » ment constitutif des fontes, au même titre que le carbone.

» Or, rien de ce qu'on sait, aujourd'hui, des alliages de fer, sili- » cium, carbone et phosphore, n'infirme l'hypothèse que le premier » métalloïde est susceptible de communiquer à la fonte une fusibi- » lité et même une fluidité à la coulée, aussi grande que celles qui » peuvent résulter de la présence de quelques centièmes du second » ou de quelques millièmes du troisième. On sait même, positivement, » que les fontes très siliceuses sont toujours, non seulement très » fusibles et très fluides, mais encore très molles, tous caractères » des fontes de moulage écossaises.

» D'un autre côté, chacun sait aujourd'hui que le défaut de té- » nacité reconnu aux fontes à l'air chaud, tient à l'excès de sili- » cium, dont la haute température des régions inférieures du » haut fourneau et une réduction plus complète des minerais favo- » risent le passage dans le métal. »

On voit que le rôle du silicium, comme cause des qualités des fontes d'Écosse, est assez nettement caractérisé dans la citation ci-dessus ; mais où nous nous séparerons complètement de Gruner et Lan, c'est dans l'attribution du défaut de ténacité à l'excès de ce même corps. D'abord, il n'y a pas d'excès de silicium dans les fontes ordinaires d'Écosse, car 2 à 3 0/0 de silicium, ce n'est pas une quantité nuisible, et le silicium ne commence à influer d'une manière fâcheuse, que quand il y en a plus de 3 0/0.

L'expérience toute spéciale que nous avons de la métallurgie du manganèse nous fait attribuer, sans hésiter, ce manque de ténacité à la teneur en manganèse, que présentent couramment les fontes d'Écosse et qui, d'après les analyses citées par M. Covan, varie de 1,30 à 2,58 pour cent.

Nous ne craindrons donc pas de dire que les fontes d'Ecosse ont les qualités qu'on leur connaît, *à cause de leur silicium et malgré leur manganèse et que leurs défauts sont dus à leur teneur en manganèse, presque exclusivement*. Ainsi, les fontes d'Écosse portent facilement des moulages, c'est à cause de leur silicium ; elles ne peuvent porter de bocages réellement blancs, c'est à cause de leur manganèse, dont l'effet est opposé à celui du silicium.

On comprend alors, sans qu'il soit facile d'insister, qu'avec l'emploi du ferrosilicium, qui condense les qualités des fontes d'Ecosse et permet de les incorporer d'une manière dosée et exacte, sans en apporter les défauts, ces fontes n'aient plus de raison d'être dans la fonderie française. Pour regagner une partie du terrain que ces fontes ont récemment perdu en France, et que les statistiques montrent clairement (la consommation des fontes d'Ecosse s'est élevée jusqu'à 200,000 tonnes par an, et elle est retombée à moins du dixième de ce tonnage) il faudrait que leur teneur en silicium fût régulièrement de 3 0/0 et que leur manganèse ne dépassât pas 1/2 0/0. Pour les Ingénieurs versés dans la pratique des hauts fourneaux, c'est un jeu d'obtenir ce perfectionnement, l'augmentation du silicium et la diminution du manganèse se réalisant par des actions de même sens.

Nous ne voyons d'ailleurs pas pourquoi ces fontes se consommeraient en France désormais, puisque, comme l'expérience l'a montré récemment, les plus mauvaises fontes nationales, c'est-à-dire celles de Meurthe-et-Moselle, convenablement additionnées de silicium et transformées de fonte blanche en fonte grise, donnent d'excellents résultats.

Avantages des fontes grises artificielles.

Il y a donc lieu, maintenant, de distinguer en fonderie, deux sortes de fonte grise :

1° *La fonte grise naturelle*, produite par dissolution, à haute température, d'un excès de carbone dans le fer et son expulsion au sein de la masse même du métal, au moment de la solidification, sous forme de graphite irrégulièrement réparti. Quand ce graphite est en écailles un peu volumineuses, la fonte est poreuse, peu

résistante, peu homogène. Elle ne répond pas à tous les emplois, et la pratique de la fonderie a conduit à éliminer quelquefois cet excès de graphite pour avoir un grain plus serré, plus compact.

En France, quelques ouvriers y arrivent en projetant dans la poche de coulée un peu de plomb ; on abaisse ainsi le coefficient de solubilité du carbone dans la fonte ; il se sépare du graphite qui monte à la surface et que l'on enlève avec une raclette.

En Allemagne, comme l'indique M. Ledebur, on produit ce même abaissement de solubilité en ajoutant de la fonte siliceuse à de la fonte grise. Le silicium sépare l'excès de carbone par précipitation et celui-ci vient à la surface faire une écume d'affinage (gaarschaum).

2° *La fonte grise artificielle*, obtenue par précipitation du carbone combiné de la fonte blanche, sous l'influence du silicium.

On comprend que cette précipitation à l'etat moléculaire du carbone devenu subitement insoluble, mais retenu encore dans la masse métallique par un dernier reste d'affinité pour le fer, ce qui l'empêche de s'éliminer complètement, puisse jouer un rôle important, que la pratique seule montrera.

Lorsqu'on ajoute du silicium à de la fonte déjà grise, la précipitation du carbone va jusqu'à l'élimination partielle, comme nous l'avons vu plus haut, mais c'est loin d'être le cas général, le véritable avenir de l'addition du silicium aux fontes est dans la transformation en graphite du carbone combiné au-dessous.

Rôle du silicium dans l'homogénéité des moulages.

L'homogénéité absolue, l'absence de soufflures, joue surtout un rôle de premier ordre dans l'obtention des moulages d'acier ; mais cette qualité n'est pas à dédaigner dans les moulages en fonte, et tout procédé, qui peut l'assurer, présente un intérêt.

Quelle que soit la théorie que l'on adopte pour expliquer l'origine des soufflures, ce qui domine dans cette question, c'est l'existence de gaz, parmi lesquels l'hydrogène semble jouer le premier rôle.

Ces gaz, dissous dans le métal liquide, cessent de l'être au moment de la solidification, et c'est ce qui produit les soufflures.

Dans l'acier, une addition de silicium rend au métal sa propriété de dissoudre ces gaz, même quand se produit l'état solide, il n'est donc pas étonnant que le même phénomène ait lieu pour la fonte.

Ce rôle de l'addition du ferrosilicium a donc un nouvel avantage, au point de vue de l'homogénéité des moulages, et la pratique en confirme la réalité.

Rôle du silicium dans le blanchiment de la fonte.

Nous avons vu, au début de ce travail, que plusieurs causes contribuent à amener le blanchiment de la fonte, c'est-à-dire le passsage du graphite à l'état de carbone combiné.

Nous sommes maintenant en mesure d'expliquer comment a lieu cette transformation.

De tous les corps étrangers que renferme la fonte, le plus oxydable est le silicium; il est donc naturel que ce soit lui qui s'élimine le plus facilement.

C'est ce que nous voyons, dans les exemples de fusions successives que nous avons donnés. Mais à mesure que le silicium s'oxyde, la solubilité du carbone dans la fonte augmente, et peu à peu tout le graphite passe à l'état de carbone combiné et la fonte devient blanche. Il suffit donc, dans la fusion de la fonte, pour assurer le maintien du graphite, en un mot, pour que la fonte reste grise, d'ajouter le silicium que la fusion aurait éliminé.

Dans l'opération Bessemer, quand, par suite d'accident, on est obligé d'arrêter le soufflage avant que le carbone ne se soit brûlé, on trouve la fonte grise mise dans le convertisseur transformée en fonte blanche, par suite de l'élimination partielle du silicium.

Quand, au cubilot, on passe des matières un peu oxydées, des vieilles tournures de fonte, par exemple, on obtient de la fonte plus ou moins blanche. Ce n'est pas que l'oxyde de fer ait brûlé le carbone; l'analyse ne le montre pas; c'est que le silicium de la fonte est brûlé en totalité ou en partie et est passé dans la scorie à l'état de silicate de protoxyde de fer, laissant le graphite libre de se dissoudre dans le fer.

Nous pourrions multiplier ces exemples, nous n'insisterons pas

plus longtemps. Ce rôle réel du silicium en fonderie jette un jour nouveau sur beaucoup de réactions, mal interprétées jusqu'à présent.

Conséquences pour la fabrication des fontes trempées.

Nous avons dit qu'il y avait plusieurs méthodes pour obtenir la trempe des fontes. Nous allons les passer rapidement en revue en introduisant le rôle du silicium sur l'état du carbone dans les fontes.

1° On peut passer au cubilot des mélanges de fontes où le graphite soit en faible proportion.

C'est ce que l'on fait à Buckau-Magdebourg, dans la fonderie Gruson. Les fontes employées sont de deux sortes :

Des fontes au bois à l'air froid, par conséquent très pures et très peu siliceuses.

Des fontes manganésées.

L'absence de silicium et la présence du manganèse concourent à maintenir le carbone à l'état de dissolution.

Un morceau de cuirassement fixe, analysé par M. Ledebur, indique :

Carbone total.	3.03
Silicium.	0.70
Manganèse.	1.08

2° En fondant, au four Siemens, de la fonte plus ou moins siliceuse avec des débris d'acier, on dilue le silicium dans une masse relativement grande, en même temps que l'action oxydante des gaz du foyer se porte, de préférence, sur le silicium.

On arrive ainsi à produire un métal d'une trempe facile, mais l'inconvénient de cette méthode est d'avoir trop de chaleur dans la fonte, et il faut attendre longtemps que la température s'abaisse, car nous avons expliqué plus haut que pour un poids de coquille donné, la trempe est d'autant plus effective que la température est plus basse. Il faut absolument opérer avec une poche.

3° On peut, dans le même four, fondre un mélange de fonte et de fine-métal ou fonte mazée. La fonte mazée ayant perdu la majeure partie de son silicium joue le même rôle que les additions

d'acier, et la trempe est assurée. Comme dans la méthode numéro 2, il faut craindre l'excès de chaleur et couler avec une poche.

En résumé, éviter le silicium et ajouter un peu de manganèse, telles sont les meilleures conditions pour une trempe efficace. Lorsque, outre la trempe, on désire de la résistance au choc, il faut craindre un excès de manganèse.

CONCLUSION

Le ferrosilicium peut être considéré comme introduit, maintenant, dans la pratique de la fonderie, à titre de source de silicium. Il resterait à donner des résultats numériques de résistances de toutes sortes, en insistant particulièrement sur l'essai au choc, qui a été un peu laissé de côté dans les expériences dont nous avons rendu compte. Les documents nous manquent, et nous faisons appel aux praticiens pour combler cette lacune.

Nous voyons que le silicium, après avoir été méconnu des métallurgistes commence à paraître sous un jour plus favorable.

C'est à lui que nous devons l'élément calorifique de l'opération Bessemer.

Dans la fabrication des aciers, il chasse les soufflures des moulages et communique au métal en barres, bandages, essieux, etc., des propriétés précieuses.

Enfin, dans la fonderie, il apparaît comme le régulateur de l'état du carbone, le rendant soluble ou insoluble, suivant la proportion dans laquelle il se trouve. Il permet ainsi la transformation pratique de la fonte blanche en fonte grise.

Voilà des titres industriels qui suffisent pour en recommander l'étude, et nous sommes heureux d'avoir apporté notre concours pour mettre en lumière un nouveau chapitre de l'histoire métallurgique de ce métalloïde.

MÉMOIRE

SUR LES

GISEMENTS DE COBALT, DE CHROME ET DE FER

A LA NOUVELLE-CALÉDONIE (1)

LEUR EMPLOI INDUSTRIEL

PAR

M. JULES GARNIER

Je rappellerai tout d'abord que la Nouvelle-Calédonie se divise en trois groupes géologiques bien distincts :

1° Les terrains stratifiés qui longent la côte occidentale et sont caractérisés par la présence d'une formation houillère étendue, mais qui semble privée de charbon exploitable, au moins dans les parties qui se rencontrent au-dessus du niveau de la mer.

2°. — Dans le sud et le sud-est principalement, des formations magnésiennes, présentant toutes les variétés de serpentine, seuphotides, diorites, etc. — C'est dans ces roches que se trouve, en quantité souvent importante, toute la gamme des métaux : chrome, manganèse, fer, cobalt, nickel et même cuivre. — Ces mêmes roches se retrouvent, mais avec moins d'importance, dans les parties nord de l'île, disséminées un peu partout.

Ce qui caractérise ces terrains, c'est que la serpentine, parfois en assises très dures et très compactes, prend une texture de

(1) Voir la carte, Pl. 138.

plus en plus molle pour arriver, à la limite, à des masses d'argile : j'ai signalé depuis longtemps cet intéressant passage (1), que de nombreuses analyses m'ont permis depuis d'étudier de plus près.

Lorque la serpentine a conservé sa compacité, vue à la loupe, elle ne renferme qu'un très petit nombre d'éléments étrangers, noyés dans sa masse et tels que des cristaux de diallage, de chromite et d'oxydule de fer. La présence du nickel se dénonce généralement par une coloration d'un vert spécial qu'il donnne à la roche. Quant au cobalt, toujours accompagné de manganèse, il forme dans la masse de petits filets.

Mais lorsque la serpentine se décompose, elle fournit, soit des amas siliceux, soit des argiles ; dans le premier cas les *squelettes* de silice qui en proviennent sont plus ou moins fibreux, passant même à une véritable opale verdâtre ; dans le second cas, l'argile formée est très ocreuse, affectant des teintes diverses suivant sa teneur relative en fer, manganèse, cobalt, nickel ou chrome. Cette argile est particulièrement hydratée, et pendant que la serpentine compacte n'a que 10 0/0 d'eau, elle en perd jusqu'à 31 0/0 si on la porte au rouge sombre. Ce qui caractérise cette argile c'est encore sa faible teneur en magnésie par rapport à la serpentine ; on y trouve, en effet, surtout de la silice, de l'alumine et des métaux.

N'est-il pas évident que le passage de la serpentine soit à la silice, soit à l'argile alumineuse, correspond à la disparition de la plus grande partie de sa base la plus soluble : la *magnésie !* Donc un phénomène de dissolution a eu lieu, toujours assez puissant pour enlever tout ou partie de la magnésie de la serpentine, mais pas toujours suffisant pour lui enlever les autres bases.

La transformation de la serpentine en argile a donc eu lieu sur place, comme le démontrent la présence au milieu des assises argileuses de rognons, de filets, de pointements serpentineux, compacts vers leur centre, mais déjà terreux à leur surface.

Comme j'ai eu l'occasion de le dire ici (2), à la suite de l'étude que j'ai faite, en Scandinavie et dans les Alpes, des gîtes de minerais de nickel sulfuré, je suis conduit à croire aujourd'hui que les for-

(1) Bulletin de la Société géologique de France, p. 447 — 1867.

(2) Note sur un nouveau procédé de traitement des minerais de nickel. — Société des Ingénieurs civils 1884.

mations de la Nouvelle-Calédonie sont simplement un état différent de gisements semblables.

Mais il y a une autre question à résoudre : la transformation s'est-elle opérée *sur place*, ou y a-t-il eu déplacement des éléments minéraux en même temps que changement d'état chimique ?

Le professeur Liversidge, de Sydney, a admis que, en profondeur les gîsements calédoniens renfermeraient des sulfo-arséniures (1); en d'autres termes, il pense que ces gîtes ne sont que des *chapeaux* de filons. Cette théorie, qui est générale d'ailleurs, semble la plus conforme à ce qui se passe habituellement pour d'autres métaux; toutefois, ici, elle semble en désaccord avec ce que nous avons dit plus haut et MM. Heurteau (2), Ratte (3) et Porcheron (4), qui ont étudié sur place les gisements ne l'ont pas admise plus que je ne l'avais fait tout d'abord; c'est que, en effet, dans aucune de ces assises, on n'a encore trouvé un seul sulfure de nickel, de cobalt ou autre métal, tous les métaux sont, au contraire, oxydés et même peroxydés. Il nous a donc semblé tout d'abord que, en tenant compte de l'énergie avec laquelle le nickel, par exemple, retient le soufre et surtout l'arsenic, si le métamorphisme avait eu lieu sur place, on aurait retrouvé quelques témoins du minerai initial, au moins dans les roches restées compactes, et cela d'autant plus que les travaux de mine ont permis de s'avancer profondément dans certains amas.

Je crois qu'on pourrait supposer que, de même qu'en Europe, le cobalt, le nickel, le fer injectaient d'abord les roches magnésiennes à l'état sulfuré, mais que, sous l'influence du temps, des eaux d'imprégnation, les sulfures se sont oxydés, entraînant par cette oxydation la décomposition de la roche, de telle sorte que celle-ci ne serait restée compacte que dans les points où les sulfures manquaient totalement. Cette décomposition des sulfures, produisant des sulfates acides, a provoqué aussi le départ des bases de la serpentine; le sulfate de magnésie très soluble a disparu, tandis

(1) Transactions of the Royal Society of New-South Wales, 1874, p. 80. — Liversidge.

(2) Constitution géologique de la Nouvelle-Calédonie. — *Annales des Mines 1876*. — M. E. Heurteau.

(3) Roches et gisements métallifères de la Nouvelle-Calédonie. : Nouméa 1878. — F. Ratte.

(4) *Les Mines de la Nouvelle-Calédonie* (*Bulletin de la Société de l'industrie minérale*. 1385), Porcheron.

que les sulfates métalliques ou d'alumine se sont à peine formés et les métaux sont restés à l'état d'oxydes hydratés, concentrés en nids ou amas, au voisinage des roches qui leur ont donné naissance, et au sein même de masses argilo-alumineuses.

Il m'a été donné de voir en Norwège un exemple de cette décomposition des pyrites cobaltifères et nickélifères sous l'action du temps et des pluies : on avait abandonné à l'air, depuis plusieurs années, un tas de ces minerais ; la surface des blocs était oxydée assez profondément, des sulfates s'étaient formés, mais ils avaient déposé une partie de leurs métaux à l'état d'oxydes sur les surfaces et dans les interstices ; on y reconnaissait particulièrement l'oxyde de nickel à sa belle couleur verte; c'est un phénomène analogue, mais sur une plus grande échelle, qui s'est passé à la Nouvelle-Calédonie.

Nous ne nous étendrons pas plus longuement, ici, sur ces considérations de géologie pure et nous aborderons de suite l'étude de chacun des gisements métalliques, n'omettant que ceux de nickel, dont nous avons déjà autrefois entretenu la Société et que nous avons décrits dans diverses publications.

II

Minerais de cobalt.

Le cobalt se présente à la Nouvelle-Calédonie sous la forme de « cobalt oxydé noir ». — Son aspect est donc semblable à celui des minerais de fer manganésifères ou des minerais de manganèse purs.

Faute d'analyse, j'ai donc confondu ces minerais avec des minerais manganésifères plus ou moins ferreux et je les décrivais sous ce nom de la façon suivante : « . . . . . il existe . . . . . de petits filons d'un silicate de magnésie coloré en bleu verdâtre et imprégné d'*oxyde de manganèse*; parfois ces filons d'halloysite augmentent de puissance, ils tiennent alors de nombreux rognons sphéroïdaux très réguliers de *pyrolusite* » (1).

Or, ces rognons de *pyrolusite*, dont plusieurs figurent dans ma

(1) *Géologie de la Nouvelle-Calédonie*, par J. Garnier, p. 67.

collection, ne sont autre chose que des minerais de cobalt, dont voici des analyses :

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Silice.	25.60	3.00	24.00	8.40	1.40
Peroxyde de fer . .	3.60	10.60	25.00	18.40	35.00
Oxy. rouge de mang.	25.00	48.60	24.00	20.20	29.00
Oxy. de cobalt. . .	15.60	15.00	10.00	21.10	12.10
Chaux.	1.00	traces.			
Magnésie	4.60	4.80	3.00	6.20	1.60
Eau	20.50	17.50	10.00	25.50	20.50
Sesquioxy.de chrome	—.—	—.—	4.00	—.—	—.—
	95.90	99.50	100.00		

Analyse (1) et (2) Ecole des Mines de Paris. — 1876.
— (3). — Laboratoire de Septèmes.
— (4) et (5). — Ecole des Mines,

L'analyse du minerai n° 3 est très curieuse par suite de la présence du chrome.

Toutefois, les minerais que l'on exploite pour cobalt sont beaucoup plus pauvres en cobalt et ne tiennent en moyenne que 4 ou 5 0/0 de ce métal et voici des analyses que j'ai obtenues à l'usine de Septèmes pour les minerais de cobalt qu'on peut couramment exploiter :

	(6)	(7)
Silice	50.75	32.00
Peroxyde de fer	11.50	20.00
Oxyde rouge de manganèse. .	14.00	26.50
Magnésie.	14.50	3.06
Oxyde de cobalt	2.50	3.50
Eau	6.80	15.50
	100.05	100.56

L'analyse (6) était une prise d'échantillon sur 50 tonnes de minerai et le n° (7) sur 5 tonnes.

Ces minerais présentent, en outre, des traces de nickel et parfois même du cuivre, en dose si faible qu'il ne se découvre qu'après la concentration du cobalt.

Enfin j'ai eu l'occasion d'analyser à l'usine de Septèmes une

variété encore plus complexe, recueillie au Mont-d'Or en Nouvelle-Calédonie.

Eau	10.00
Silicates.	24.00
Peroxyde de fer	25.00
Oxyde rouge de manganèse .	23.00
Sesquioyyde de chrome. . .	10.00
Oxyde de cobalt.	6.—
Oxyde de nickel	2.—
	100.00

En somme, dans tous ces minerais, on retrouve toujours, mais sans ordination visible, la présence de la même gamme de métaux et de silicates magnésiens.

La métallurgie pour cobalt de ces minerais ne peut se faire qu'en les fondant pour mattes et reprenant par la voie humide. Dans la fusion pour matte, en se servant de fours à manche très bas, on élimine une certaine proportion du fer et du manganèse, mais le cobalt étant assez oxydable, il y a des déchets très appréciables dans cette fusion, et il reste toujours une notable quantité de manganèse; on arrive, en somme, à une matte de composition très complexe, d'où la voie humide a quelque peine à dégager le cobalt; on sait, en effet, que la séparation du cobalt, du nickel et du manganèse est très difficile.

Nous avons dit que l'aspect du minerai de cobalt non ferrugineux (analyses 1, 2, 3, 4, 5) est celui de la pyrolusite, mais il s'en distingue toujours par la raclure qui est cireuse et luisante; cette propriété sert encore à différencier les minerais de fer stériles de ceux qui tiennent du cobalt.

Les minerais de nickel de la variété *Garnierite* (Dana) tiennent souvent à l'état de minces filets linéamentaires du cobalt oxydé noir et c'est l'analyse de ces filets qui nous a, pour la première fois, mis sur la trace de l'existence du cobalt à la Nouvelle-Calédonie.

Les gisements cobaltifères sont abondants ici : je les ai signalés dans tout le sud de l'île (sous le nom d'oxydes de manganèse) : île Ouen, baie du Prony, etc. Ces minerais se présentent en blocs plus ou moins volumineux, atteignant un mètre cube, enveloppés d'une argile ocreuse. Il sont là en amas irrégulier

qui se succèdent sur des surfaces de plusieurs hectares d'un seul tenant. On compte que, pour un mètre cube de ces argiles, le lavage donne de 200 à 500 kilogrammes de minerai à 4 0/0 d'oxyde de cobalt et jusqu'à 2 0/0 d'oxyde de nickel. Ce minerai, avons-nous dit, est cireux, et se laisse trancher par les outils; sa couleur est d'un noir bleuâtre.

Ces minerais sont très analogues à des échantillons que j'ai eus en main et provenant du sud de l'Espagne, où ils sont aussi, paraît-il, fort abondants.

Cobalt. — La découverte du cobalt est due à Brandt (1773); pourtant les Allemands se servaient depuis longtemps des terres cobaltifères pour colorer en bleu les produits céramiques. Le cobalt métal est d'un blanc gris, plus oxydable que le nickel et moins oxydable que le fer : il communique aux bronzes une certaine dureté; des régules de cobalt et cuivre, produits d'affinage de l'usine de Septèmes, furent avantageusement employés par un mécanicien de Marseille pour faire des coussinets. Toutefois le cobalt, même en faible proportion, rend le cuivre dur et difficile à travailler, à moins de certaines précautions préventives grâce auxquelles on peut rendre l'alliage de cuivre et de cobalt aussi malléable que le cuivre pur : aussi ne doutons-nous pas que ce métal n'arrive à jouer un rôle heureux en association soit avec le cuivre, soit avec le fer.

Nous ne dirons rien des emplois si connus du cobalt oxydé comme colorant, si ce n'est que le prix de l'oxyde de cobalt, qui était d'environ 60 francs le kilogramme est tombé à 25 francs dans ces derniers temps à la suite de la mise en exploitation des mines de la Nouvelle-Calédonie, et cela au grand dommage des mines de cobalt de l'Allemagne et de la Scandinavie.

III

Minerais de chrome.

Le chrome, à l'état de chromite de fer, est d'une très grande abondance à la Nouvelle-Calédonie, et je pouvais écrire dans un

de mes premiers rapports comme ingénieur des mines du Gouvernement à la Nouvelle-Calédonie (1) :

« Dès les premiers pas que l'on fait en Nouvelle-Calédonie, l'observatenr est frappé de l'abondance des roches magnésiennes, mais il s'aperçoit en même temps que, malgré des différences assez grandes d'aspect, de nature et d'âge, elles ont un lien commun et un compagnon constant, le *fer chromé* ; en effet, ce dernier corps se trouve :

» En *nodules* dans les stéachistes de Mahamate (N.-E. de l'île).

» En *grains cristallins* dans les schistes serpentineux de Tanlé et des environs (N.-O. de l'île).

» En *cristaux* plus ou moins volumineux disséminés dans les euphotides et les roches hornblendiques et serpentineuses du centre de l'île, de Kanala à Nouméa.

» En masses amorphes et amas plus ou moins considérables dans les argiles qui accompagnent les roches serpentineuses formant tout le sud de la Nouvelle-Calédonie ».

Je rencontrai divers gisements exploitables de ce minerai, en particulier (19 mars 1885) un gisement placé sur la rive droite de la rivière de la Cascade, au Mont-d'Or. Ce gisement, composé d'un agrégat de cristaux, dans une argile magnésienne, a rendu 42 0/0 de sesquioxyde à l'analyse. Il est facile de l'enrichir par le lavage.

Le 7 décembre 1885, dans une nouvelle ascension des sommets du Mont d'Or, le long de l'arête qui se dirige S.-E.-N.-O., au voisinage de la naissance d'un torrent qui se jette dans la baie de Mouea, je rencontrai divers gisements de *chrome* en amas, mais en cristaux compacts et purs de chromite de fer.

M. Heurteau, Ingénieur des mines de l'Etat, qui m'a succédé à la Nouvelle-Calédonie, a bien voulu écrire les lignes suivantes au sujet de ces gisements :

« M. J. Garnier a rencontré dans le massif du Mont d'Or de véritables gisements de fer chromé en amas cristallins, qu'il considère comme susceptibles d'être utilement exploités. Nous avons visité ces gisements dont nous avons facilement retrouvé les affleurements d'après les indications très précises fournies par M. Garnier... » (*Annales des Mines*, t. IX, 7e série, 1876).

(1) *Moniteur de la Nouvelle-Calédonie*, rapport du 19 mars 1886.

Du 1er février 1886 au mois d'avril, j'explorai minutieusement le territoire qui s'étend au sud du Mont d'Or et j'y trouvai la plupart des roches fortement injectées de chromite de fer et, en particulier, sur le flanc montagneux qui domine au nord la plaine de Khouen (Mont d'Or), je découvris de nouveaux gisements de fer chromé très pur. Bien plus, sous l'influence du temps, diverses roches à oxyde de chrome se sont décomposées; seul l'élément chromite de fer a résisté, entraîné par les eaux jusqu'aux plages de la mer, il y constitue de véritables bancs d'où, à marée basse, il est possible d'extraire économiquement de grandes quantités de minerais.

Les gisements du Mont d'Or sont aujourd'hui fructueusement exploités; leur voisinage de la mer et d'excellents ports, ainsi que nous l'avions prévu tout d'abord, en facilitent beaucoup l'exploitation économique. Le minerai du sud du Mont d'Or rend facilement 50 0/0 de sesquioxyde de chrome; son prix de revient ne dépasse pas 30 francs mis à bord; le fret est de 55 francs pour la France; ce minerai revient donc à 85 francs environ la tonne, dans un port français ou anglais, quand son prix de vente actuel est de 100 francs environ. Un échantillon de choix que j'ai rapporté a donné l'analyse (1) ci-dessous :

Analyses nos 1, 2 et 3:

	(1)	(2)	(3)
Sesquioxyde de chrome	61.533	43.60	41.28
Peroxyde de fer	34.000	37.20	19.02
Alumine	0.114	12.80	29.10
Silice	4.625	1.20	2.10
Sel marin, magnésie, chaux, pertes	0.028	5.10	5.10
Humidité		1.10	3.40

Quant aux minerais alluvionnaires, analyses (2) et (3), on en expédie des chargements en Europe. Ces minerais alluvionnaires forment des couches de $0^m 80$ d'épaisseur environ, qu'un lavage primitif amène aux teneurs ci-dessus. Ces minerais sont traités pour ferro-chromes seulement, car l'industrie des chromates de potasse exige des teneurs de 50 0/0 de sesquioxyde. On rencontre ces minerais d'alluvion sur la plupart des plages du sud et particulièrement dans le canal

Woodin, et dans les deltas des cours d'eau; on a calculé que par mètre cube d'alluvion on peut retirer 1,500 kilogrammes de fer chromé et cela sur de grandes surfaces en vue; la densité du fer chromé est d'ailleurs élevée, environ 4.45. Ce minerai s'il était lavé convenablement serait complètement débarrassé de ses gangues terreuses, il ne conserverait que des cristaux d'oxydule de fer qui suivent ceux de chromite de fer dans le lavage; on aurait alors un excellent minerai de chrome qui, d'après mes calculs, ne reviendrait pas à plus de 25 francs la tonne à bord. Dans ces derniers temps, des analyses plus minutieuses ont fait reconnaître dans ces minerais la présence du wolfram, ce minéral convient aussi fort bien quand il s'agit des alliages avec le fer.

Le mode de gisement des minerais en place est identique à celui du cobalt; il y a aussi des concentrations de minerais riches, qui forment des amas plus ou moins volumineux, entourés aussi d'argile ocreuse. Toutefois, le fer chromé se rencontre parfois aussi en filon dans la serpentine.

Etat du chrome. — Ce qui est digne de remarque, c'est qu'au milieu de ces mélanges de métaux, dans les amas serpentineux de la Nouvelle-Calédonie, le *chrome* et le *nickel* soient les seuls qui forment des combinaisons bien définies, et telles que le chromite de fer et l'hydro-silicate de nickel et de magnésie ou *garnierite*-DANA et encore ce sont des combinaisons oxydées. Les mêmes métaux, c'est-à-dire le chrome, le cobalt, le nickel, le fer, se rencontrent aussi fréquemment dans les météorites, mais le chrome et le nickel y sont généralement accompagnés de soufre; on a découvert même dans les holosidères un sesquisulfure de chrome et de fer que les minéralogistes n'ont pas encore trouvé dans l'écorce terrestre : c'est là un rapprochement que nous tenions à signaler, d'autant plus que les blocs de ces minerais, enfouis dans l'argile, surtout lorsqu'ils passent au minerai de fer, sont souvent extérieurement recouverts d'une pellicule lisse, brillante, onctueuse, qui leur donne un faux air de météorites; dans le nord-ouest, sur le sommet de Caffeat, j'ai trouvé de ces blocs vitrifiés à la surface, comme de véritables holosidères ; ils avaient l'aspect de chromites magnésiens que j'ai pu fondre en les soumettant à d'énormes températures.

Quoi qu'il en soit, le sesquioxyde de chrome semble avoir eu, dans les phénomènes géologiques terrestres, un rôle des plus importants et qui reste pourtant jusqu'ici bien obscur; on ne s'explique pas, en effet, comment cet oxyde de chrome a pu se combiner si énergiquement au fer, à l'alumine, à la magnésie, à la silice, à moins qu'il n'y ait eu intervention d'actions thermiques puissantes, dont on ne voit plus suffisamment les traces.

Il est certain, en effet, que le fer chromé est d'une composition extrêmement variable; ses éléments vraiment fixes sont le sesquioxyde de chrome seul, et l'on voit, en effet, dans le même gisement, depuis le minerai de fer à peine chromé jusqu'au sesquioxyde de chrome à peine ferreux; *fer chromé* est donc une désignation générale; *chromite de fer* est plus exact, bien que le sesquioxyde de chrome y joue le rôle d'acide vis-à-vis de diverses autres bases : alumine, magnésie, etc. En tout cas cette combinaison du chrome est très voisine des spinelles : combinaison infusible, inattaquable aux acides, seulement attaquable d'une façon partielle par les alcalis au creuset de platine et ne se laissant transformer véritablement du premier coup que par le bisulfate de potasse.

Je signalerai ici un état du chrome bien rare dans la nature, dont j'ai trouvé des spécimens dans le sud de la Nouvelle-Calédonie (île Ouen) : ce sont des grenats à base de chrome (*ouvarowite*) qui sont empâtés dans un feldspath labrador blanc ou coloré en vert : cette roche est d'un fort bel aspect et servait aux indigènes, avant notre arrivée et la connaissance de nos outils, à faire des haches, qui étaient le privilège des chefs. L'emploi de roches analogues pour la fabrication des haches polies chez les différents peuples primitifs leur a valu le nom général de jade ancien. Les grenats en question ne le cèdent en rien à nos plus belles émeraudes comme couleur et transparence; malheureusement les nombreux cristaux que j'ai trouvés étaient de très petite taille et difficiles à extraire du feldspath avec lequel ils faisaient corps. La présence du chrome se dénonçait immédiatement au chalumeau dans une perle de borax.

Ce grenat, qui raye le quartz, n'a encore été signalé que dans l'Oural, au voisinage de gîtes de fer chromé et d'un ensemble de

roches qui rappelle tout à fait ce que l'on trouve à la Nouvelle-Calédonie; sa composition est la suivante :

Silice	36
Sesquioxyde de chrome	23
Alumine et fer	6
Chaux	30.5
Magnésie	4.5
	100.00

Ce serait une véritable fortune que de rencontrer un gîte abondant de ces cristaux qui prendraient immédiatement une place dans le chapitre des pierres dites *précieuses*.

Usage des oxydes de chrome et du chrome métallique.

Tous les composés qui tiennent une certaine proportion d'oxyde de chrome sont très réfractaires ; pourtant ce n'est que depuis quelques années qu'ils ont été proposés comme produits réfractaires. Les premiers inventeurs, dans cet ordre d'idée, furent, à ma connaissance, MM. Pochin et Hunt (patente anglaise du 3 octobre1867), qui revendiquèrent l'emploi du minerai de chrome (*chrome ore*) pour la construction des fours et fourneaux, des creusets, des carreaux ou de toutes les parties de ces appareils, soumises à une chaleur intense. En 1876 (1er mars), M. Audouin reprit la question en disant : « Je viens indiquer l'emploi d'un corps éminemment réfractaire et qui résiste mieux que tous les autres matériaux employés à la confection de la garniture des fours : alumine, silice, etc., à l'action de l'oxyde de fer. »

Relativement au degré de pureté de l'oxyde de fer, M. Audouin dit : « On peut employer dans un grand nombre de cas l'oxyde de chrome impur, *allié à l'oxyde de fer*, tel qu'on le trouve dans le minerai, en choisissant, bien entendu, les matières les plus riches contenant au moins 45 à 50 0/0 d'oxyde de chrome. Cette matière, de même que l'oxyde de chrome, sera employée sous forme de blocs, garnitures, etc., formée par la matière pulvérisée, de la grosseur convenable, comprimée et cuite, s'il y a lieu, employée seule, ou après addition d'une faible quantité de principes agglo-

mérants : terres alumineuses naturelles, alumine ou silicate d'alumine, etc... » Le brevet se termine ainsi : « En résumé, l'objet de la présente invention consiste dans l'application de l'oxyde de chrome obtenu à l'état de pureté, ou tel qu'on le trouve dans la nature, en blocs naturels, pulvérisés et agglomérés sous pression ou après mélange à d'autres principes réfractaires, à la confection des pièces spéciales : briques, garnitures de fours, et tous systèmes destinés au travail de la fonte, du fer et de l'acier, etc. »

En 1881, dans un brevet du 3 janvier, addition du 24 janvier 1881, ayant pour but une méthode de déphosphoration sur sole, je revendiquai l'emploi de l'oxyde de chrome dans les conditions et les termes suivants : « Ma véritable sole peut être établie en matières réfractaires faiblement basiques ; j'ai, en même temps, l'avantage d'employer des substances qui ne fusent pas comme la chaux et la magnésie et qui ne se corrodent que très lentement sous l'action de la silice et de l'acide phosphorique des bases — J'emploie donc pour la vraie sole :

« Le *sexquioxyde de chrome*... plus ou moins mélangé d'autres bases, telles que la chaux, la magnésie, l'oxyde de fer, etc., aggloméré avec de l'argile grasse ou des huiles minérales, la pâte formée étant employée à l'état de briques ou de pisé... Dans le cas des soles en alumine ou en chrome on pourra employer avantageusement soit de la soude, soit du silicate de soude comme liant. — En résumé, par la présente addition, nous revendiquons : la fabrication d'une sole en bases faibles, mais réfractaires, telles que l'alumine, le sesquioxyde de chrome ou leurs similaires, nous réservant d'emprunter les bases actives à la fausse sole. »

Après tout ce que nous avons dit dans ce mémoire sur l'inégalité de composition des *fers chromés*, le lecteur comprendra que, de même qu'on dit *alumine* pour *bauxite*, nous disons ici : oxyde ou sesquioxyde de chrome pour désigner les divers produits naturels qui renferment cette substance : D'ailleurs dans le commerce on ne vend les minerais de chrome que d'après leur teneur en sesquioxyde et quantités de minerais naturels dits *fers chromés*, seraient impropres à la fabrication des soles ci-dessus, comme n'étant pas assez riches en oxyde de chrome pour être infusibles.

Nous ferons remarquer que, dans notre procédé, la sole, si elle est en oxyde de chrome, échappe à l'action des acides phosphorique et silicique de la fonte et peut durer à peu près indéfiniment.

Toutefois, la dose d'oxyde de chrome, qui est nécessaire pour rendre une composition infusible, en l'absence de l'oxyde de fer, n'est pas aussi élevée qu'on pourrait le penser; j'ai fait divers essais dans ce sens et je donnerai seulement le suivant, qui permet de se rendre compte du fait. J'opérais à une des plus hautes températures que l'on puisse atteindre au laboratoire, car j'employais un chalumeau à gaz d'éclairage, dans lequel l'air atmosphérique arrivait, de la machine soufflante d'un haut fourneau, avec une pression de $0^m,18$ de mercure.

	A
$Cr^2 O^3$	34
$Si O^3$	8
Mgo	13
$Al^2 O^3$	10
Ca O.	35
	100

Cette opération n'a donné qu'une matière verdâtre à peine frittée, extrêmement dure, et qui supporterait assez bien la température d'un four Siemens.

Toutefois, dans ces derniers temps, j'ai réussi à fritter du minerai à 52 0/0 de sesquioxyde de chrome, mais sans lui faire perdre sa forme primitive ; pour cela j'ai dû le chauffer à outrance dans des conditions toutes spéciales. La surface de ce minerai fritté était devenue luisante, d'un noir métallique et analogue à certains minéraux naturels de chrome que je trouvai dans les serpentines de la Nouvelle-Calédonie et particulièrement au mont Caffeate près de Gatope.

Sels de chrome.

On sait que les sels de chrome sont des colorants et qu'ils sont, comme tels, employés en grand dans la fabrication des papiers

peints, des toiles peintes, pour la coloration en vert des feuilles artificielles, dans la céramique, etc.

L'acide chromique a des emplois comme source d'oxygène : en dissolution dans l'acide sulfurique, on l'utilise dans l'électrolyse où il combat efficacement la dépolarisation en abandonnant de l'oxygène et revenant à l'état de sesquioxyde. On part des chromates de potasse ou de soude pour préparer les différents sels de chrome ; la préparation de ces chromates est assez connue pour qu'il soit inutile de la rappeler ici. En Europe, c'est à Glascow et à Eberfeld que sont les principales fabriques de ces produits, qui consomment chaque année environ 15,000 tonnes de chromite de fer riche. Les chromates et bichromates de soude ont été fabriqués depuis peu d'une façon industrielle par une maison d'Eberfeld ; ils conviennent mieux pour certains usages que les chromates de potasse. En Amérique, c'est à Baltimore que sont les usines de chromates de potasse.

Le chrome et ses alliages. — Le chrome est un métal de couleur brillante, blanc grisâtre, extrêmement difficile à fondre, dur au point de couper le verre, à peu près inoxydable à la température ordinaire, mais facilement oxydable à chaud ; sous ce rapport, à froid, il se conduit comme un métal précieux et, à chaud, comme un métal commun.

Bien qu'il forme plusieurs combinaisons avec l'oxygène, à haute température, c'est toujours en sesquioxyde que se transforment ses divers oxydes. L'hydrogène et le soufre ne décomposent pas plus le sesquioxyde de chrome que l'alumine ou les oxydes terreux. C'est d'ailleurs, un oxyde indifférent comme l'alumine. Le sesquioxyde de chrome, chauffé au creuset brasqué, donne le chrome métallique.

La densité de ce métal est 6 environ ; les alcalis l'attaquent facilement sous l'influence d'une chaleur modérée et de l'oxygène.

Le chrome métallique n'a pas eu d'emploi jusqu'ici ; d'ailleurs, on n'a pu le préparer économiquement. Les alliages du chrome avec les autres métaux ne sont pas non plus bien connus et ne s'obtiennent pas aisément ; toutefois le jour où le chrome serait un métal qu'on pût se procurer facilement, il est logique de penser qu'on lui trouvera des emplois utiles.

J'ai fait divers essais de fusion du chrome avec d'autres métaux et j'en citerai quelques-uns :

1° Je pars d'un ferro-chrome à 26.70 0/0 de chrome ; je charge dans un creuset en terre réfractaire :

Cuivre rouge . .	1	kilogr.	500 :
Ferro-chrome . .	0	—	160

Après une heure de chauffe au fourneau à vent, je coule un lingot qui est surmonté d'une scorie vert de chrome : il y a eu liquation, le cuivre n'avait que des traces de chrome, celui-ci est resté pâteux au fond du creuset. Le cuivre s'est bien laminé.

2° Je refais l'essai suivant :

Cuivre rouge.	1	kilogr.	500
Ferro-chrome à 26.7 0/0	0	—	300

Je chauffe pendant une heure au blanc ; il y a encore liquation de la plus grande partie du ferro-chrome. Le lingot de cuivre est bien venu ; démoulé encore chaud, il se teinte en vert de chrome à la surface et par place, ce qui démontre qu'il y a eu alliage. Le lingot s'est bien laminé.

3° Je fonds ensemble :

Cuivre.	1	kilogr.	500
Ferro-chrome à 26.7 0/0	0	—	500

Je chauffe à outrance : on a chargé le creuset à 10 heures et demie du matin. Le cuivre rouge était fondu à 11 heures ; on a donné le vent jusqu'à 1 heure et quart, soit pendant 2 heures et quart ; j'ai obtenu du cuivre liquide chromé et un magma de cuivre et de ferro-chrome pâteux. Le lingot de cuivre était très dur, mais il s'est laminé convenablement.

Voulant éviter la présence des fers et des métalloïdes qui accompagnent la fonte de ferro-chrome, j'ai fait diverses expériences dont je citerai les suivantes ; ces essais ont eu lieu dans un creuset brasqué, placé dans une opération de fusion d'acier au creuset par les gaz Siemens :

1° 8 grammes d'acide chromique.

60 — de laiton.

J'obtiens un culot mal rassemblé, ayant à la partie inférieure l'aspect du cuivre rouge et à la supérieure celui du laiton. Ces deux parties sont assez malléables.

2° 10 grammes d'acide chromique
10 — de MnO^2
30 — bronze en monnaie de billon.

J'obtiens un culot volumineux et creux, gris de fer, jaune laiton sous la lime, très dur, légèrement malléable.

On sait, par Berthier, que le cuivre à 9 0/0 de chrome est malléable et dur ; qu'il conserve la couleur du cuivre et prend au poli un grand éclat. On sait encore que l'étain à 20 0/0 de chrome est un peu gris, mou, demi-ductile ; que le plomb contenant 25 0/0 de chrome est dur, mais peut encore s'aplatir en feuilles ; mais il n'y a là qu'un mélange, car l'acide nitrique peut dissoudre le plomb et laisser le chrome.

Pour fabriquer industriellement des alliages de chrome et de cuivre on est souvent arrêté par le prix élevé des oxydes de chrome du commerce, qui seuls sont exempts de fer ; ces oxydes se cotent environ 10 fr. le kilogr. j'ai donc cherché le moyen d'obtenir économiquement et en grand l'oxyde de chrome privé de fer et je poursuis en ce moment ce but par une méthode nouvelle : toutefois à la température élevée où j'ai déjà pu former des alliages de cuivre et de chrome, il est remarquable que le cuivre *monte* dans le creuset, le long des parois et recouvre la scorie ; il semble *monter* à la manière du lait surchauffé dans une casserole.

Enfin le fer s'allie au chrome en toute proportion ; les fontes que l'on obtient par la fusion des chromites de fer dans un cubilot se forment assez facilement, lorsque le minerai est ferreux et que la proportion de chrome dans la fonte ne dépasse pas 30 à 35 0/0 ; au-dessus de ces teneurs, malgré tous les moyens énergiques de chauffage dont dispose aujourd'hui le métallurgiste, la marche du haut fourneau devient délicate ; à 50 0/0 de teneur en chrome, les engorgements du fourneau sont à peu près inévitables, à moins d'employer des artifices spéciaux. Toutefois on trouve à se procurer de semblables teneurs à des prix aujourd'hui assez bas. Comme les hautes teneurs en chrome sont souvent exigées, plusieurs usines

se décident, d'autre part, à les faire au creuset brasqué avec du minerai finement pulvérisé, mais c'est là une opération fort coûteuse.

Les hautes teneurs en chrome sont, en effet, imposées dans le cas où l'on doit ajouter à un métal une notable proportion de chrome tout en voulant éviter d'additionner une trop forte proportion des métalloïdes qui accompagnent ces fontes en quantité à peu près indépendante de la teneur en chrome ; d'ailleurs ces ferro-chromes riches tiennent habituellement 10 et 12 0/0 de carbone. Ces fontes de chrome sont d'un blanc brillant, tellement tenaces qu'on ne peut généralement les casser à froid. Ce qu'il y a de remarquable encore c'est que les laitiers de la fonte du chromite de fer au haut fourneau ne contiennent pas de chrome d'une façon sensible.

Aujourd'hui que le chrome entre dans la sidérurgie, il sera peut-être bon de rappeler ici le nom des hommes qui se sont les premiers occupés de ces alliages de fer et de chrome.

Hassenfratz, le premier en date, a reconnu que le fer qui renferme du chrome en légère dose se laissait assez bien forger et ne paraissait pas cassant à froid.

Berthier prépara ensuite un acier à 1 0/0 de chrome et un autre à 1/2 0/0 ; pour cela il fondit au creuset de l'acier fondu, réduit en petits morceaux et le chrome fut additionné, incorporé dans une fonte provenant de la réduction d'un chromate de fer naturel. Cet acier se montra non seulement d'une très bonne qualité, mais il présentait un beau damassé que provoquait un simple recuit.

Stodart et Faraday reprirent ces expériences et préparèrent un acier à 1 0/0 de chrome et l'autre à 3 0/0. Bien que ce dernier composé fût très dur, on put le forger facilement.

Frappé par l'abondance du chrome mélangé au minerai de fer en Nouvelle-Calédonie, j'avais rappelé en 1867 (1) ces remarquables propriétés des alliages de fer et de chrome.

Toutefois, les premiers aciers industriels durcis par le chrome, parurent à l'Exposition universelle de 1878; ils étaient exposés par les aciéries Holtzer de la Loire et par Seebohne, de Sheffield. Ces aciers, à une teneur de 5 0/0 environ de chrome, sont bien

(1) *Annales des Mines.* — Tome XIII, p. 73, 1867.

connus aujourd'hui dans les ateliers ; leur dureté naturelle supprime l'ancienne opération de la trempe.

De l'acier d'outil on passe aux autres variétés, et, dans ces derniers temps, en alliant à l'acier environ 2 0/0 de chrome métallique, on est arrivé à produire les obus qui font tant parler d'eux : ils traversent des plaques de blindage sans subir eux-mêmes la moindre éraflure. Dans diverses aciéries de la Loire que j'ai visitées, il y a quelques mois, j'ai eu en main des obus, en acier chromé, qui avaient traversé des plaques de blindage et, en les comparant à des obus neufs, on ne voyait d'autres différences que celles produites par les rayures du canon sur le métal disposé à cet effet sur le projectile.

De même, j'ai vu des tôles d'acier, à 2 0/0 environ de chrome, qui résistaient à plus de 100 kilos par millimètre carré de section, tout en s'allongeant de 20 à 25 0/0 et qui, sous la faible épaisseur de deux millimètres environ étaient simplement emboutées, mais non transpercées par des balles de fusil de guerre, tirées à faible distance. — Ces tôles sont employées à protéger les soldats chargés de faire manœuvrer les mitrailleuses.

Pour résister aux boulets d'acier chromé on fait maintenant les blindages en acier au chrome.

On voit, par ces quelques exemples, tout ce qu'on peut attendre du chrome, le jour où ce métal sera plus vulgarisé ; pour le moment, tandis que son prix d'achat n'est guère que de 30 centimes le kilo contenu dans le minerai, son prix dans la fonte est assez élevé ; il tend toutefois à baisser et n'est plus, pour le moment, je crois, que de 2 fr. 50 c. à 3 fr. 50 c. le kilo contenu après avoir été de 5 à 6 francs.

On a encore reconnu que les aciers chromés ont un énorme allongement de striction par rapport aux autres aciers (1) ; cet allongement est une preuve de malléabilité d'un métal ; or, quand, dans les aciers ordinaires, l'allongement de striction n'est souvent que le double de l'allongement absolu, dans les aciers chromés il arrive à être 14 fois plus grand.

(1) On appelle allongement de striction, l'allongement pour cent dans la section minimum.

Les effets du chrome dans les aciers ne sont comparables qu'à ceux du tungstène, qu'on employait depuis de longues années, particulièrement en Styrie et en Angleterre pour les aciers fins dits d'*outil ;* mais le tungstène est devenu à peu près introuvable, son minerai, le wolfram, étant fort rare, et il est heureux qu'on ait pu trouver à remplacer ce métal par un autre, le chrome, qui abonde en Nouvelle-Calédonie, en Tasmanie, en Nouvelle-Zélande, en Asie Mineure, dans l'Oural, en Norwège, et dans divers points des Amériques.

Toutefois, le métal chrome ne peut donner encore son maximum d'effet utile par suite de la présence du fer et des métalloïdes dans les produits du traitement direct des oxydes de chrome naturels; il est certain que les *ferro-chrome* riches sont encore une matière première trop impure pour qu'on songe à l'associer aux divers métaux autres que le fer, et c'est à peine s'ils remplissent bien le but pour ce dernier métal ; notre attention s'est portée sur ce fait depuis quelque temps et nous poursuivons, comme nous l'avons dit plus haut, des essais qui auraient pour but d'obtenir à bas prix le chrome pur; nous ne manquerons pas de tenir la Société au courant des résultats que nous aurons obtenus dans cette voie.

En tout cas, à l'heure actuelle, le chrome ne semble pas donner aux aciers une malléabilité aussi grande que le fait le tungstène, aussi ne vaut-il pas ce dernier métal lorsque la proportion de chrome dépasse 2 0/0, c'est-à-dire lorsqu'on veut avoir l'acier d'outil.

Ainsi qu'il ressort de documents que j'ai en mains et qui m'ont été fournis récemment par M. Reiser, directeur de l'aciérie de Kapfenberg (Styrie), le promoteur des aciers au tungstène serait M. le docteur Kœller.

Ce métallurgiste, vers la fin de 1855, à l'usine de Reichramming, commença la fabrication en grand de l'acier *wolframique*. Robert Mushet, en 1859, prit son brevet : « Improvements in the manufacture of cast-steel ». Le docteur Kœller vint en France vers 1860, je l'ai connu à ce moment propageant sa découverte, les usines de MM. Petin et Gaudet firent des essais qui n'eurent pas de suite. Je collaborai pendant quelque temps avec M. le

docteur Kœller au sujet de l'étude des gîtes de wolfram de Saint-Léonard (Haute-Vienne), mais l'heure n'était pas venue et M. Kœller sans avoir atteint son but, retourna en Autriche, vers 1862, où il est aujourd'hui fixé.

Minerais de fer de la Nouvelle-Calédonie.

Nous avons déjà signalé le caractère, remarquable et fréquent, des serpentines de la Nouvelle-Calédonie, de renfermer d'immenses amas d'argiles rouges, provenant de la décomposition de la roche elle-même. C'est encore dans ces argiles que d'incalculables amas de minerais de fer se présentent; parfois, les argiles ocreuses qui servent de gangue ont été entraînées par les pluies, laissant le sol couvert d'une quantité prodigieuse de minerais de fer, dont les dimensions varient de plusieurs mètres cubes à moins d'un centimètre cube. Il serait impossible de dénombrer l'étendue et la quantité de ces gîtes. J'ai visité les mines de Bilbao, l'Eisenerz et l'Erzberg de Styrie et de Carinthie, infiniment plus riches encore, diverses mines célèbres de Russie; mais ces gîtes sont peu de chose à côté de ceux de la Nouvelle-Calédonie qui, dans divers parages, constituent le relief même du sol, formant des plateaux, des collines, des pics, des cirques, des criques au bord de la mer, les bords mêmes de ports aux eaux sûres et profondes.

C'est ainsi que l'on peut marcher pendant des heures entières sur ces blocs de fer où toute végétation disparaît; aussi ai-je pu écrire (1) : « Lorsqu'on voit ces montagnes entières de fer hydroxydé s'élever au bord de la mer, dans le fond de ports sûrs, on se demande pourquoi les navires de commerce qui quittent toujours la Nouvelle-Calédonie sans lest, ne viennent pas chargés de ce minerai qui peut avoir une valeur élevée.

« . . . . Ce minerai m'a donné à l'essai par voie sèche une fonte blanche assez tenace indiquant une teneur de 51.30 0/0 de fer. De plus, ce minerai tient toujours disséminée dans sa masse, une certaine quantité de chromate de fer. »

1) *Annales des Mines*, Tom. XII, 1867, p. 73.

M. Heurteau écrivait (1) :

« M. Garnier a signalé dans ce minerai la présence de 2 à 5 0/0 de chrome. Ce qu'il y a de très remarquable c'est que le chrome s'y trouve en un état particulier qui le rend attaquable par les acides. »

M. Moissenet a, en effet, reconnu que, le minerai étant attaqué par l'acide chlorhydrique, la dissolution contient tout le chrome.

M. Heurteau donne les analyses suivantes de ce minerai, d'après M. Moissenet :

Silice et acide titanique	5.60	7.60
Alumine	traces	traces
Peroxyde de fer	69.60	73.00
Oxyde rouge de manganèse . . .	2.00	0.60
Oxyde vert de chrome	5.33	2.85
Chaux	traces	traces
Magnésie	id.	id.
Acide phosphorique.	non dosé	non dosé
Chlorure de sodium.	traces sensibles	0.40
Perte par calcination	16.60	14.50
Acide sulfurique	0.60	0.70
	99.75	99.45

Deux essais par voie sèche ont donné à M. Moissenet sur d'autres échantillons :

1° 56.70 0/0 de fonte gris clair assez cassante à 0.60 0/0 de chrome.

2° 59.85 0/0 de fonte d'un blanc d'argent, grenue, cassante, très dure (rayant le verre), tenant 3.80 0/0 de chrome.

Les minerais, ci-dessus rapportés par M. Heurteau, sont des échantillons de choix; un échantillon que je considère comme du *tout-venant*, a été retiré par moi de ma collection et analysé au laboratoire des forges de Saint-Nazaire ; je tenais surtout à faire

(1) *Annales des Mines*, Tom. IX, 7e série, 1876, p. 157.

doser par des chimistes métallurgistes le phosphore que ne donnent pas les analyses ci-dessus, et voici ce que l'on a obtenu :

Silice	15.20		
Alumine	1.10		
Peroxyde de fer.	68.00	Fer . . .	47.15
Oxyde rouge de mang. .	2.08	Mang . .	1.50
Chaux	0.10		
Magnésie	0.10		
Acide sulfurique	traces		
Acide phosphorique . . .	0.06	Phosphore	0.025
Oxyde de chrome. . . .	2.00	Chrome .	1.08
Acide titanique	0.80	Titan. . .	0.48
Pertes par calcination. .	10.20		
	99.64		

On voit que ce minerai est dans les conditions voulues, au point de vue du phosphore, pour donner de l'acier, et le jour n'est pas loin, sans doute, où on l'exportera vers les riches mines de houille du littoral de la Nouvelle-Galles du sud, alors que ce pays aura pris une suffisante expansion industrielle.

On peut résumer cette note, en disant que la Nouvelle-Calédonie, malgré sa surface assez restreinte, est une île privilégiée pour l'abondance avec laquelle on y rencontre les métaux de la gamme qui part du chrome et du manganèse pour aboutir au cuivre, il y a là une provision où l'on pourra puiser pendant des siècles, car il n'est pas douteux pour moi que des découvertes nombreuses y sont encore à faire.

On peut dès maintenant prévoir que l'importance de cette terre, si bien desservie par une foule de ports naturels, ne fera que croître en importance au fur et à mesure qu'on y fera pénétrer la puissance de nos méthodes industrielles, et à mesure que la population de l'Australie augmentera, ce qui se produit rapidement et l'époque n'est sans doute pas éloignée où le principal débouché de toutes ces richesses ne sera plus la vieille Europe seule, mais surtout la grande terre australienne, appelée à devenir, elle aussi, un nouveau monde.

MÉMOIRE

SUR

UNE NOUVELLE VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE

DE LA LOI DE MARIOTTE

PAR

M. PIARRON DE MONDESIR

Plusieurs auteurs expriment analytiquement la loi de Mariotte par la formule abrégée:

$$(1) \quad PV = \text{const.},$$

dans laquelle P désigne la pression variable d'un gaz et V son volume également variable, la température du gaz restant constante.

Il est essentiel de remarquer que la pression P se compose nécessairement de deux parties : la pression effective p et la pression atmosphérique ϖ.

L'équation (2) doit donc s'écrire ainsi :

$$(3) \quad (p + \varpi)\, V = \text{const.}$$

Si nous comprimons le gaz, en le maintenant à la même hauteur dans l'atmosphère, ϖ ne variera pas, et nous aurons, avec une seconde compression sous le volume V′ et sous la pression effective p', l'égalité.

$$(4) \quad (p + \varpi)\, V = (p' + \varpi)\, V'.$$

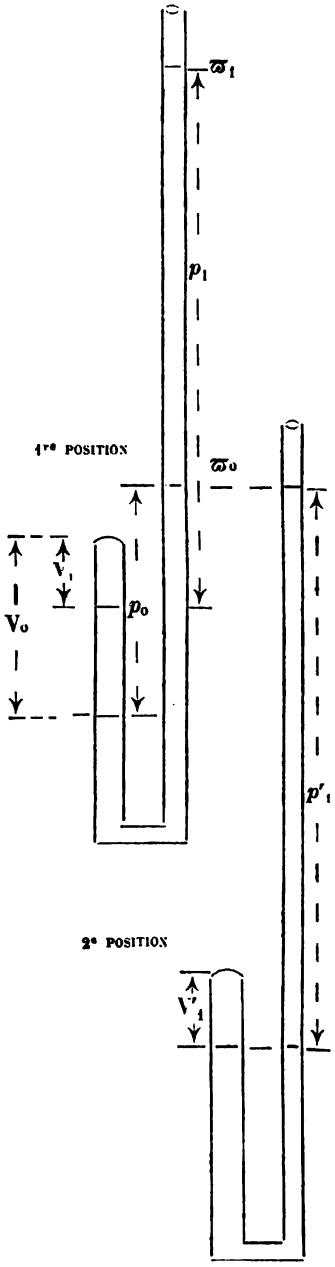
C'est la véritable expression analytique de la loi de Mariotte,

Cette loi, l'une des plus grandes de la nature, appartient au domaine de la mécanique. Elle doit se définir ainsi :

La quantité de travail mécanique, contenue dans une masse gazeuse,

plus ou moins comprimée, est une quantité constante, quand cette masse est soumise à une pression atmosphérique constante, et que sa température reste la même.

Fig. 1.



Si donc on pouvait comprimer un gaz dans un cylindre horizontal, la pression atmosphérique ϖ resterait constante, et l'expérience vérifierait ainsi la loi de Mariotte sans aucun écart.

Mais une telle opération est pour ainsi dire impossible. Comment, en effet, mesurer avec toute l'exactitude nécessaire les deux pressions p et p'?

A défaut de la compression horizontale, on est conduit à employer la compression verticale, avec colonnes mercurielles.

C'est ce qu'ont fait les savants qui se sont occupés de cette importante question, en employant des *appareils fixes*.

Je propose ici d'employer un appareil de compression *mobile* dans le sens vertical, tel que je le représente dans toute sa simplicité, dans la figure n° 1.

Le gaz a été comprimé une première fois dans l'appareil sous le volume V_0, par une colonne mercurielle dont la hauteur est p_0, et avec le concours de la pression atmosphérique ϖ_0 estimée en hauteur de mercure. Il a été ensuite sur-comprimé en augmentant la hauteur de la colonne mercurielle. Puis, en profitant de la mobilité de l'ap-

pareil, on a ramené le sommet de la seconde colonne au niveau ϖ_0 de la première.

Dans la première position de la figure, la pression effective, qui serait p_0, dans le cas d'une compression horizontale, est en fait, $p_0 - q$, attendu que le poids q du gaz, estimé en hauteur mercurielle, vient en déduction de la hauteur observée p_0.

Dans la seconde position, le gaz est comprimé sous le volume V'_1, par la pression atmosphérique ϖ_0, augmentée de la pression effective $p'_1 - q$.

Le gaz se trouve ainsi dans la condition d'une compression horizontale, sous l'influence des deux pressions effectives, p_{0-1} et $p'_1 - q$, augmentées de la même pression atmosphérique ϖ_0.

Nous pouvons donc lui appliquer l'équation (3) en écrivant :

$$(p_0 - q + \varpi_0)\ V_0 = (p'_1 - q + \varpi_0)\ V'_1,$$

soit :

$$(4)\quad (p_0 + \varpi_0)\ V_0 = (p'_1 + \varpi_0)\ V'_1 + q\ (V_0 - V'_1).$$

Ainsi avec un appareil mobile, on pourrait vérifier la loi de Mariotte, sauf l'écart, $q\,(V_0 - V'_1)$, qui serait toujours positif, très petit, et d'autant plus petit que la densité du gaz expérimenté serait moins grande.

L'air et l'hydrogène, qui présentent des écarts en sens contraire, d'après les expériences de Regnault, présenteraient alors des écarts dans le même sens, écarts pour ainsi dire négligeables et qui seraient 14.40 fois moins grands pour l'hydrogène que pour l'air.

Telle serait la conséquence certaine de l'emploi d'un appareil mobile pour la compression verticale des gaz.

Avec un appareil fixe, la seconde compression donne,

$$(p_1 + \varpi_1 - q)\ V_1,$$

p_1 et V_1 étant très peu différents de p'_1 et V'_1.

Or cette quantité de travail, constatée dans l'appareil fixe, n'est pas la même que la quantité,

$$(p'_1 + \varpi_0 - q)\ V'_1,$$

constatée dans l'appareil mobile.

Désignons par ε la différence en plus ou moins.

Désignons en outre, pour abréger, en employant les notations de Regnault :

$$p_0 + \varpi_0 \text{ par } P_0, \text{ et } p_1 + \varpi_1 \text{ par } P_1.$$

Nous devrons alors poser :

$$(P_0 - q)\ V_0 = (P_1 - q)\ V_1 + \varepsilon,$$

soit :

$$(5) \qquad P_0\ V_0 = P_1\ V_1 + q\ (V_0 - V_1) + \varepsilon.$$

Jetons maintenant un coup d'œil sur les expériences de compression verticale avec appareils fixes, faites par les principaux savants qui se sont occupés de cette importante question.

Ce sont d'abord Dulong et Arago, qui ont entrepris de vérifier la loi pour l'air, dans le but de constituer un manomètre à air comprimé, pour pouvoir mesurer la force élastique de la vapeur à de hautes températures.

Ils comprimaient la même masse aérienne depuis les plus basses pressions jusqu'à celle de 27 atmosphères.

Ils ont ainsi constaté de faibles écarts qui allaient en augmentant avec le degré de la compression.

Ces écarts avaient leur raison d'être, d'après la théorie exposée ci-dessus. En effet, la masse aérienne expérimentée se trouvait successivement comprimée avec le concours de pressions atmosphériques allant sans cesse en diminuant.

Toutefois, ces deux illustres physiciens, vu le peu d'importance de ces écarts, n'ont pas hésité à conclure de leurs expériences que la loi de Mariotte pouvait être admise pour l'air jusqu'à la pression de 27 atmosphères.

Avec un appareil mobile, ils n'eussent constaté que l'écart insignifiant: $q\ (V_0 - V_1)$.

C'est ensuite Regnault qui a entrepris la vérification de la loi, non seulement pour l'air, mais encore pour l'azote, l'acide carbonique et l'hydrogène.

Il a également constaté de faibles écarts, qui vont dans le même sens pour l'air, l'azote et l'acide carbonique, mais qui vont en sens contraire pour l'hydrogène.

Regnault n'a point formulé la même conclusion que Dulong et Arago; il a vu au contraire, dans les écarts observés, un motif suffisant pour infirmer la grande loi de Mariotte.

La méthode de procéder de Regnault est connue.

Il introduisait dans son tube manométrique une certaine quantité de gaz déjà comprimé sous le volume V_0 et sous la pression

$P_0 = p_0 + \varpi_0$. Il sur-comprimait ensuite cette masse gazeuze, en réduisant son volume à V_1, et en portant la pression à $P_1 = p_1 + \varpi_1$.

Il a fait ainsi une série d'expériences conjuguées, et il a reconnu que pour l'air, ainsi que pour l'azote et l'acide carbonique, on avait toujours,

$$P_0 V_0 > P_1 V_1,$$

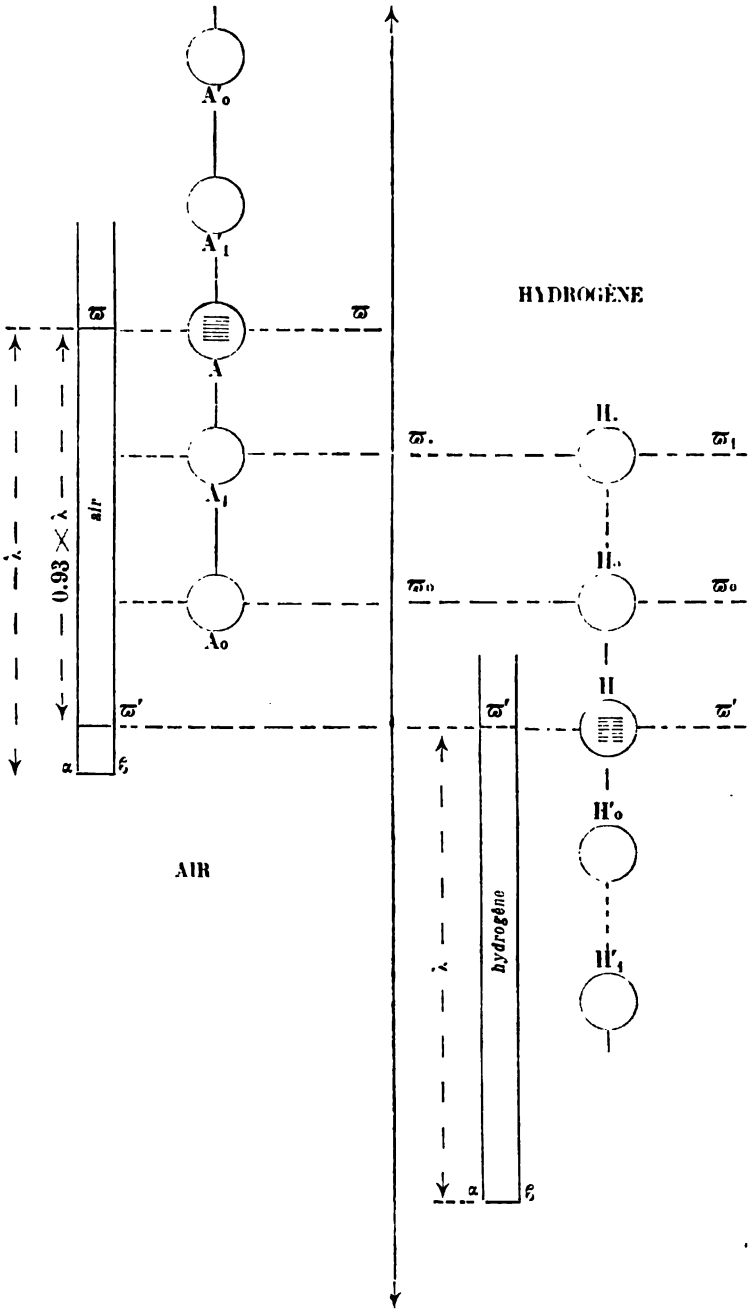
tandis que pour l'hydrogène on avait toujours :

$$P_0 V_0 < P_1 V_1.$$

De tels écarts, qui vont tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, sont faits pour nous surprendre au premier abord, malgré leur peu d'amplitude.

Mais il nous sera facile de les expliquer au moyen de la construction graphique de la figure n° 2, sur laquelle j'appelle toute votre attention.

FIG. 2.


A'0
A'1
A
A1
A0
ϖ
ϖ
ϖ'
α
β
λ
0,93 × λ
air
HYDROGÈNE
H.
H0
H
H'0
H'1
ϖ1
ϖ0
ϖ'
AIR
λ
hydrogène

Un cylindre vertical, d'un mètre carré de section, et de hauteur λ, rempli d'air atmosphérique, est fermé par en bas et ouvert par en haut. Toutefois, l'air qu'il contient est séparé de l'atmosphère supérieure par un piston sans masse, dont le niveau correspond à une pression atmosphérique quelconque ϖ. Dans ces conditions le piston sans masse restera en équilibre.

Mettons cette masse d'air sous la forme d'un ballon sphérique, de même volume λ que le cylindre, avec enveloppe extensible et impondérable, et plaçons le centre de ce ballon sur l'horizontale ϖ. Il s'y maintiendra en équilibre.

Soient maintenant ϖ_0 et ϖ_1 les deux niveaux correspondants aux sommets des deux colonnes mercurielles de l'une quelconque des expériences conjuguées de Regnault sur l'air.

(Il est essentiel de remarquer que ces deux niveaux sont tous deux inférieurs au niveau ϖ, pour toutes les expériences faites sur l'air, l'azote et l'acide carbonique, *sans aucune exception*.)

Je fais d'abord descendre mon ballon aérien au niveau ϖ_0, en lui imprimant une percussion dirigée de haut en bas. Le ballon, se trouvant ainsi chassé de sa position d'équilibre A, oscillera verticalement entre A_0 et A'_0.

Je le fais ensuite descendre au niveau ϖ_1, au moyen d'une percussion semblable, mais plus faible ; et il oscillera verticalement entre A_1 et A'_1.

Si maintenant je comprime verticalement la masse d'air contenue dans le ballon, aux deux niveaux ϖ_0 et ϖ_1, l'équation (5) me donnera :

$$P_0 V_0 = P_1 V_1 + q (V_0 - V_1) + \varepsilon.$$

D'autre part les expériences de Regnault sur l'air me donnent invariablement

$$P_0 V_0 > P_1 V_1.$$

J'en conclus que pour l'air, ε est nul ou positif. Si ε était nul, l'écart observé se réduirait à $q (V_0 - V_1)$; mais comme cet écart observé est notablement plus grand, il faut nécessairement admettre que ε est positif.

L'écart constaté pour l'air se compose donc de deux parties : l'une relative au poids du gaz, laquelle est très petite, et l'autre, relativement beaucoup plus importante, qui provient de la diffé-

rence des deux pressions atmosphériques ϖ_0 et ϖ_1. Pour l'air, ces deux causes agissent dans le même sens avec le signe +.

Remarquons en outre que, pour ce gaz, la plus grande compression, $P_0 V_0$, correspond à la plus grande amplitude de l'oscillation du ballon.

Supposons le cylindre rempli d'hydrogène au lieu d'air. Que va-t-il se passer ?

Le piston sans masse, qui se tenait en équilibre au niveau ϖ, quand le cylindre était rempli d'air, sera nécessairement soulevé, par la raison que l'hydrogène, plus léger que l'air, dans la proportion de 1 à 14,40, possède une force élastique plus grande.

Il nous faudra donc descendre le cylindre dans l'atmosphère, jusqu'à un certain niveau ϖ', où le piston sans masse pourra se maintenir en équilibre.

Soient : η la hauteur de cette descente, δ le poids du mètre cube d'air atmosphérique et ρ celui de l'hydrogène, dans les mêmes conditions de pression et de température.

Pour exprimer que la pression sur le fond *ab* du cylindre doit être la même dans les deux positions, nous devrons poser l'équation

$$\varpi + \delta\lambda = \varpi + \delta\eta + \rho\lambda,$$

d'où nous tirerons,

$$(6) \qquad \eta = \lambda\,\frac{\delta - \rho}{\delta} = \lambda \times \frac{14.40 - 1}{14.40} = 0{,}93\,\lambda.$$

C'est donc de la hauteur approximative, 0,93 λ, qu'il nous faudra abaisser le cylindre d'hydrogène pour obtenir l'équilibre du piston sans masse au niveau ϖ'.

Dans ces conditions, il est essentiel de remarquer que le niveau ϖ' sera toujours en contre-bas des niveaux ϖ_0 et ϖ_1, correspondants aux sommets des colonnes mercurielles de l'une quelconque des expériences conjuguées de Regnault sur l'hydrogène.

Plaçons la masse d'hydrogène contenue dans le cylindre, dans un ballon H, à enveloppe extensible et impondérable au niveau ϖ': ce ballon s'y maintiendrait en équilibre sans la force ascensionnelle qui n'a aucune action sur le piston sans masse, mais qui tend à faire remonter le ballon dans l'atmosphère. Pour détruire cette force ascensionnelle, il nous faudra suspendre au ballon un contrepoids convenablement calculé.

Au moyen de percussions dirigées verticalement de bas en haut je ferai remonter le ballon avec son contrepoids jusqu'aux niveaux ϖ_0 et ϖ_1, et le ferai osciller de H_0 en H'_0 et de H_1 en H'_1. L'amplitude $H_1 H'_1$ sera plus grande que $H_0 H'_0$. C'était précisément le contraire pour l'air.

Si maintenant je comprime verticalement la masse d'hydrogène centenue dans le ballon, aux deux niveaux $_0$ et ϖ_1, et si j'admets d'avance et par analogie que la plus forte compression pour l'hydrogène, comme pour l'air, doit correspondre à la plus grande amplitude de l'oscillation, l'équation (5) appliquée à l'hydrogène devra s'écrire ainsi :

$$P_0 V_0 = P_1 V_1 + q (V_0 - V_1) - \varepsilon.$$

Elle comportera deux causes d'erreur.

La première, $q (V_0 - V_1)$, sera positive et 14.40 fois moins grande que pour l'air.

La seconde, $-\varepsilon$, relative à la différence des pressions ϖ_0 et ϖ_1, sera négative.

Et comme ε est toujours beaucoup plus grand en valeur absolue que $q (V_0 - V_1)$, on devra toujours avoir pour l'hydrogène :

$$P_0 V_0 < P_1 V_1.$$

C'est en effet ce qui ressort nettement de belles expériences de Regnault.

J'ai déjà eu l'occasion de dire à cette tribune que j'étais l'un des plus grands admirateurs de Regnault, comme savant de l'ordre expérimental. Je le répète ici : nul n'a inventé des appareils plus ingénieux, nul n'a montré plus de précision dans ses observations, nul n'a fait preuve de plus de sincérité dans l'exposition des résultats obtenus.

Mais, qu'il me soit permis d'ajouter, dans l'intérêt de l'avancement de la science, que Regnault n'a pas toujours interprété *rationnellement* les résultats de ses expériences, et que, notamment pour la vérification de la loi de Mariotte, il n'a pas hésité à infirmer son exactitude, au lieu de rechercher les causes des faibles écarts qu'il avait observés.

La grande autorité de Regnault a entraîné le monde savant à sa suite. Partout, en France et à l'étranger, dans les cours et dans

les traités de physique, on enseigne que la loi de Mariotte n'est qu'une loi approximative que ne suit exactement aucun gaz.

C'est un recul de la science.

Je suis absolument convaincu, et cette conviction date de vingt ans, qu'avec l'emploi d'un appareil mobile, les écarts constatés dans les appareils fixes disparaîtraient comme par enchantement.

Je désirerais vivement voir notre Société s'intéresser à cette question dont l'importance ne saurait lui échapper, et je viens lui proposer aujourd'hui de vouloir bien nommer une Commission qui serait chargée d'étudier la question et de faire un rapport.

DE LA LIMITATION

DES

HEURES DE TRAVAIL

PAR

M. GEORGES SALOMON

I

Adultes des deux sexes

Dès leur avènement au pouvoir, les socialistes de l'*École*, dite *de l'organisation du travail*, avaient réglementé la durée du travail journalier des adultes : un décret des 2-4 mars 1848 fixait cette durée à un maximum de dix heures à Paris, et de onze heures en province. Ce décret, peu égalitaire, suscita aussitôt une telle opposition que, le 9 septembre de la même année, le Gouvernement provisoire dut l'abroger et limiter à douze heures, dans toute la France, la durée de la journée de travail, sauf dans certaines industries ou pour des causes de force majeure à déterminer par des règlements d'administration publique.

Le décret-loi du 9 septembre 1848, les règlements du 17 mai 1851 et du 31 janvier 1866, rendus conformément à celui-ci, n'ont, pour ainsi dire, jamais été observés. La loi du 16 février 1883, qui a conféré aux inspecteurs du travail des enfants dans l'industrie, déjà surchargés de besogne, le soin de veiller à leur application, est venue rappeler leur existence sans contribuer, d'ailleurs, à les mieux faire observer qu'auparavant !

Ce n'est pas seulement en France que les lois limitatives de la journée de travail sont frappées d'impuissance, c'est en Suisse où

la loi sur les fabriques du 23 mai 1877 a imposé la journée de onze heures, c'est en Autriche où une loi organique du 15 mai 1883 a fixé la même limite et c'est, aussi, dans les Etats de l'Amérique du Nord où la journée légale est de dix, neuf ou huit heures. M. de Bismarck n'a pas manqué de le rappeler devant le Parlement allemand, lorsqu'il y vint combattre la limitation de la journée de travail. « C'est, dit-on, en Suisse que la durée normale de la journée de travail est observée le plus rigoureusement, — faisait-il remarquer, — mais vous savez tous que l'on commet aussi, dans ce pays, des infractions aux règlements concernant la durée du travail et que les fonctionnaires chargés de la surveillance reconnaissent partout qu'il est impossible de tenir la promesse donnée à ce sujet. » D'ailleurs, à chaque instant, en présence des besoins sans cesse nouveaux de l'industrie, les autorités suisses accordent de nombreuses dispenses : l'exception devient la règle, et l'on finit par ne plus se douter de l'existence de la loi. De même, avec la journée de huit heures, telle qu'elle est adoptée dans l'État de Pensylvanie, par exemple, le législateur a dû admettre tant d'exceptions qu'il n'y a guère que les ouvriers des mines et des forges, habitués en général à ne travailler que huit heures, qui observent la loi. Si, donc la journée légale de huit heures était admise en France, il faudrait singulièrement allonger la liste déjà longue des industries dispensées de se soumettre à la loi de 1848. Dès qu'une exception serait admise pour une industrie, les patrons et les ouvriers des autres industries se considéreraient comme lésés si pareille faveur ne leur était octroyée. Ou il faudrait, de bon gré, inscrire leur industrie sur un règlement d'administration publique, ou bien ils éluderaient la loi, en dépit des services d'inspection le mieux organisés. Finalement, l'abus de la réglementation équivaut à l'absence de réglementation !

Néanmoins, les socialistes français, nous ne disons pas les ouvriers français, d'accord avec les socialistes étrangers, ne cessent de demander à l'État de réglementer leur travail. Libres, ils veulent des chaînes, ils veulent être traités en mineurs, sous le prétexte que celui qui doit travailler pour vivre est fatalement sous la tutelle de celui qui le fait travailler. C'est ainsi qu'ils réclament, chaque jour, une loi calquée sur celle du 9 septembre

1848, avec adoption d'une durée moindre, mais sur laquelle ils ne sont pas encore tombés d'accord. On pourrait, sans inconvénient, leur donner satisfaction, car, quelle que soit la durée admise, la loi ne serait pas observée. Mais, n'est-il pas plus sensé de leur faire entendre que la raison et l'expérience condamnent leur demande ?

En 1848, les partisans de la limitation légale de la journée de travail arguaient de considérants humanitaires, dont nous sommes loin de méconnaître la justesse. Ils établissaient « qu'un travail manuel trop prolongé, non seulement ruine la santé du travailleur, mais encore, en l'empêchant de cultiver son intelligence, porte atteinte à la dignité de l'homme » (1).

Aujourd'hui, on va bien au delà ! On ne songe pas tant à réclamer, pour le travailleur, des loisirs qui lui permettent de développer ses forces et son intelligence qu'à lui assurer la possibilité « de relations sociales et d'une action politique » (2). Or, quel est le législateur qui pourrait déterminer, à la satisfaction générale, le temps nécessaire aux loisirs utiles ou à ce que nous oserons appeler les loisirs malsains de la vie des clubs ? Le lendemain du jour où l'on aurait légiféré sur la journée de huit heures, les socialistes exigeraient celle de six heures et ainsi de suite. Sans cesse, il faudrait remanier la loi, aucune donnée physiologique ne permettant de fixer une limite plutôt qu'une autre.

Un Marxiste, M. Jules Guesde, a tenté de traduire en heures les sommes extorquées aux ouvriers par les patrons, sommes qui, selon le célèbre socialiste Karl Marx et ses disciples, ne sont autres que le profit industriel. D'après des calculs, non moins contestables que le principe sur lequel il s'appuie, il a déduit que, sur une journée de douze heures, l'ouvrier fournissait en moyenne une corvée de six heures six minutes.

S'il en est ainsi, c'est la journée de six heures qui s'imposerait et, en consentant, momentanément, à réclamer huit heures, les socialistes permettent encore à l'infâme capital de prélever plus de deux heures de corvée sur le travail de l'ouvrier.

Dans les congrès ouvriers qui se sont succédé depuis le premier Congrès de l'Internationale, on s'est, cependant, borné à

(1) Considérants du décret-loi du 9 septembre 1848.

(2) Premier congrès de l'Internationale tenu à Genève en 1866.

émettre des vœux en faveur de la journée de huit heures. Et même, devant la Commission d'enquête parlementaire, dite des 44, qui siégeait à Paris en 1884, la majeure partie des déposants ouvriers ne parlaient que de neuf, dix ou onze heures. Aussi, peu après l'enquête ouverte par cette Commission sur la situation des ouvriers de l'industrie à Paris, M. le Ministre du Commerce crut utile de s'édifier, auprès des divers corps représentant le commerce et l'industrie, sur les modifications à apporter à la loi du 9 septembre 1848.

Les réponses les plus contradictoires furent faites à cette question : 170 déposants se prononcèrent pour le maintien de la limite de douze heures; 119 proposèrent dix heures et 88, seulement, réclamèrent en faveur de la liberté du travail.

Sur les 52 Commissions locales du travail des enfants employés dans l'industrie du département de la Seine, qui répondirent à l'enquête, 6 se prononcèrent dans le même sens que la Commission supérieure départementale du travail des enfants, soit pour la liberté absolue, 11 pour douze heures, 10 pour onze heures et 21 pour dix heures.

On le voit, les patrons ne sont pas moins indécis que les ouvriers sur la durée journalière de travail à imposer. Nos législateurs peuvent en déduire qu'il serait sage de s'abstenir totalement de légiférer sur cette question toute d'appréciation. Ils l'ont compris, alors qu'en 1881 M. Martin Nadaud sollicitait une loi sur la journée de dix heures. Puissent-ils le comprendre encore, lorsque la question sera à nouveau soulevée devant eux !

On ne saurait cependant adopter en France la journée légale de huit heures, pour la seule raison qu'elle a été adoptée par certains États de la Fédération américaine. En octroyant la journée de huit heures aux ouvriers, en nombre relativement restreint, employés par la Fédération, le Congrès de Washington ne grevait guère le budget de la Fédération et donnait satisfaction aux nombreux électeurs intéressés à ce que cette mesure se propageât. En édictant la journée de huit heures dans les États de Pensylvanie et de Californie, et celle de dix heures dans le Massachusetts, avec toutes sortes de restrictions, le législateur de ces États a rendu sciemment des bills sans valeur, en vue seulement de complaire aux Trades-Unions.

Pour obtenir une journée légale de courte durée, aujourd'hui fixée à huit heures, les socialistes s'étayent sur l'adage de Karl Marx, selon lequel la productivité, l'intensité du travail, varierait en raison inverse du temps consacré au travail. Tout d'abord, si cet adage était exact, il faudrait retirer de la circulation l'argument philanthropique de l'atténuation du chômage, clé de toutes les dissertations en faveur d'une réduction de la durée du travail. Mais, il est superflu de le dire : étant données les limites ordinaires entre lesquelles évolue, dans notre pays, la durée de la journée de travail, rien n'est moins exact que l'adage de Karl Marx. Quelle que soit la durée adoptée, l'ouvrier estimera toujours que « l'intérêt du travailleur est de produire le moins possible dans le plus de temps possible (1) », et il agira en conséquence, à moins, toutefois, qu'il ne soit employé à la tâche. En diminuant le nombre d'heures de travail journalier, on diminuerait la production et, partant, les profits et le salaire; on léserait à la fois l'ouvrier et le patron.

D'ailleurs, est-il besoin de la loi pour empêcher d'infliger un labeur excessif à l'ouvrier adulte ?

Malgré la loi de 1848, la journée est réduite à dix, neuf ou huit heures dans nombre d'industries. De même, malgré toute loi qui imposerait la journée de huit heures, on accomplirait des journées de douze heures et plus. Rien n'arrêterait les patrons pressés par une importante besogne; rien n'arrêterait l'ouvrier désireux de rattraper les heures perdues pendant les moments de chômage forcé ou volontaire.

Pourquoi respecterait-on mieux les lois limitant la durée journalière du travail que celles qui limitent sa durée hebdomadaire?

Jamais, en France, la loi du 18 novembre 1814 sur le repos du dimanche et des fêtes religieuses n'a été observée. Arme rouillée dans l'arsenal de nos lois, elle a été abrogée par la loi du 12 juillet 1880. Il serait inique, disons seulement superflu, de l'y introduire à nouveau, sous un déguisement laïque qui consisterait à appeler le dimanche, le septième jour, ou à prescrire « l'interdiction pour les employeurs, de faire travailler plus de six jours sur sept ».

Les lois civiles sur le repos des jours consacrés au culte sont

(1) Jules Guesde. *Le Collectivisme au Collège de France.* Paris.

observées dans certains États, notamment dans la Grande-Bretagne, aux États-Unis et en Suisse, parce qu'on y observe aussi les lois de l'Église. Plus encore que pour toute autre question, il faut compter, ici, avec les mœurs, avec le principe de l'Égalité de tous les citoyens devant la loi. Quels motifs plausibles peut-on donc invoquer pour empêcher un ouvrier adulte de travailler tel jour qui lui convient, autant d'heures qu'il l'entend, alors qu'on n'empêcherait pas un savant de passer ses jours et ses nuits sur ses grimoires et ses cornues ? Pour l'un comme pour l'autre, sous un régime de liberté et de justice, il faut s'en fier au sentiment de la conservation personnelle. Seul, l'enfant doit être protégé jusqu'à l'instant où, passé adolescent, il est en mesure d'évoluer librement. Ainsi que l'a dit Adam Smith : « Le patrimoine du pauvre est dans la force et dans l'adresse de ses mains; l'empêcher d'employer cette force de la manière qu'il juge le plus convenable, tant qu'il ne porte dommage à personne, c'est une violation manifeste de cette propriété primitive. »

Ces principes sont chaque jour de plus en plus méconnus. Avec un aveuglement inexplicable, on propose de substituer le joug si pesant de l'État au joug imaginaire du patron, sans comprendre les dangers de cette substitution. Pour modifier les conditions du travail, sous un système de réglementation, il faut parfois recourir à la force ; tandis que sous un régime de liberté, il suffit à l'ordinaire de s'associer !

Les ouvriers anglais ont rarement demandé à l'État d'intervenir en leur faveur. Ils ont, jusqu'à présent, milité et l'on peut dire vaincu à l'aide de leurs *Trades-Unions*. C'est grâce à ces puissantes associations qu'ils ont obtenu le *Nine hours systems ;* ce sera par elles, également, qu'ils feront, sans doute, triompher le système, aujourd'hui préconisé, des *4 huit* : *huit heures de travail, huit heures de récréation, huit heures de sommeil* et *huit schillings par jour*. Cependant, sous l'influence des socialistes du continent, ils paraissent enclins à se départir de la conduite qui leur a si bien réussi.

En 1883, lors d'une conférence internationale ouvrière, qui se tint à Paris, les délégués des Trades-Unions disaient, fièrement, à nos ouvriers étonnés : « Les travailleurs d'Angleterre ne veulent aucun appui du gouvernement, ils exigent seulement une parfaite liberté. »

Au bout de trois années, à peine, à un Congrès international ouvrier, tenu également à Paris, ils ont témoigné moins haut de leur amour pour la liberté, tout en se tenant encore sur une réserve qui a fait amèrement critiquer leur égoïsme de parvenus par leurs confrères des autres nations. Et, peu après, à Hull, au congrès des Trades-Unions, ce n'a pas été sans les luttes les plus vives que les unionistes ont repoussé les résolutions du Congrès de Paris. Néanmoins, la majorité a eu la sagesse de reculer devant le *minimum légal de salaires*, conséquence logique de la *journée légale de travail*.

Nos ouvriers devraient bien s'inspirer des décisions et de la conduite de cette majorité. En se syndiquant sérieusement, en se coalisant sans violence, ils pourraient devenir aussi puissants que les unionistes et améliorer singulièrement leur sort.

Qu'ils écoutent avec quelque attention les théories de ceux qui se targuent de faire du socialisme scientifique, ils remarqueront vite qu'elles sont entièrement tissées de contradictions ! Tandis que d'un côté, ces néo-socialistes établissent qu'une réduction de la durée du travail aurait pour avantage d'inciter les patrons à perfectionner leur outillage et leurs procédés ; d'un autre côté, ils anathémisent les perfectionnements du machinisme. Ils crient, sur tous les tons, que le machinisme engendre une surpopulation ouvrière, cause de baisse des salaires, un surcroît de production, cause de crises intenses ; ils disent, enfin, que les machines représentant un capital susceptible de s'user et de se démonétiser rapidement, les patrons travaillent, à jet continu, sans compter avec les forces de l'ouvrier.

Si tous ces inconvénients sont réels, pourquoi, dès lors, sollicitent-ils une mesure qui a pour effet de les susciter ? Pourquoi, surtout, la rangent-ils au nombre de celles qui seraient susceptibles d'améliorer d'une façon *immédiate* le sort des travailleurs ?

Tout d'abord, il est vrai, une nouvelle machine entraîne le renvoi d'un nombre plus ou moins considérable d'ouvriers ; elle diminue le rôle et, par suite, le salaire de ceux qui restent à la conduire, non sans leur imposer un nouvel apprentissage ; enfin, elle permet aux faibles, aux femmes et aux enfants de faire concurrence aux adultes mâles. Ce n'est pas pour d'autres motifs que les ouvriers ont si souvent brisé des œuvres devant lesquelles ils auraient dû,

au contraire, se prosterner pieusement. Peu à peu, ces inconvénients disparaissent et les avantages surgissent. A l'aide des bénéfices réalisés en réduction de main-d'œuvre, en présence de ces bénéfices, l'atelier s'agrandit ou surgit de toutes pièces, de sorte que, finalement, on emploie plus de bras et on paye des salaire. plus élevés qu'auparavant. Grâce à la suppression ou à l'atténuation d'effort musculaire résultant de l'introduction des machines, l'ouvrier peut pénétrer plus jeune à l'atelier, y rester plus longtemps et récupérer, ainsi, pendant les deux périodes extrêmes de son existence, le déficit que la concurrence des faibles lui a occasionné à l'âge mûr : la machine le contraint à épargner en force, en puissance de travail, l'équivalent des salaires qu'il n'aurait pas épargnés.

Le machinisme offre donc assez d'avantages aux travailleurs pour qu'en sollicitant une mesure qui est loin de contribuer, seule, à son triomphe, les collectivistes se dispensent de dire, en guise d'excuses, qu'il est avantageux de pousser les patrons à perfectionner leur outillage parce que les capitaux, ainsi immobilisés, feront retour à la collectivité, le jour de l'expropriation révolutionnaire.

Les vrais ouvriers répudient toutes ces théories. Comme ils ne fréquentent guère les Congrès ni même les Commissions d'enquête, parlementaires ou non, il faut aller à l'atelier, ainsi que le font les Commissaires et les Inspecteurs du travail des enfants, pour connaître leurs sentiments. A Paris, ils viennent de se prononcer contre toute limitation des heures de travail. Les deux rapports publiés en 1885 par la Commission départementale supérieure du travail des enfants, sur l'application, dans le département de la Seine, des lois du 19 mai 1874 et 9 septembre 1848, l'ont nettement établi. « Les ouvriers accueillent fort mal l'idée que l'on refusera de leur laisser faire un travail de plus de douze heures, est-il dit dans le rapport d'ensemble présenté au Préfet de police, ils ne comprennent pas que des Inspecteurs ou toute autre autorité interviennent. Leurs réponses aux questions qui leur sont posées sont celles-ci :

« Nous travaillons plus de douze heures, cela nous convient, parce que les heures supplémentaires sont payées et le sont plus chèrement que les autres. De quel droit veut-on nous empêcher

de gagner notre vie ? Les ouvriers qui seraient embauchés pour les travaux que nous faisons pendant ce supplément à nos journées, sont ceux qui n'ont pas voulu entrer dans les ateliers pour y travailler avec régularité. Les portes étaient ouvertes pour eux comme pour nous; ils ont voulu rester dehors. En effet, nous, nous venons quotidiennement, nous ne manquons jamais, et vous voulez nous déposséder au nom d'irréguliers qui refusent de venir quand ils le peuvent. Nous ne pouvons reconnaître à une autorité quelconque le droit de limiter notre travail et notre salaire, et cela, pour venir en aide à des personnes qui refuseront d'accepter vos prétendus bienfaits. »

Tel est bien le langage des travailleurs que nous avons rencontrés, au cours des visites faites, par nous, dans les ateliers du VIII^e^ arrondissement de Paris, en qualité de Membre de la 14^e^ Commission locale du travail des enfants ; nous n'avons pas manqué de le signaler dans le rapport de cette Commission pour l'année 1886.

Ce langage ne suscite le plus souvent que les invectives de ceux qui s'arrogent dans les Congrès, dits ouvriers, le droit exclusif de parler au nom de la classe ouvrière. Aussi, lorsqu'ils préconisent l'établissement de lois limitatives de la durée du travail, ne visent-ils pas tant les patrons que ces ouvriers qui ont, disent-ils, le grave tort « d'abattre trop de besogne et d'enlever ainsi, avec le travail, le pain de la bouche d'un certain nombre de leurs camarades ».

Cependant, il faut bien que les uns fournissent un surcroît de travail tandis que les autres travaillent peu, pas ou mal. Tous les hommes ne sont pas taillés sur un modèle uniforme.

Avec la réglementation, on gêne les producteurs sans susciter le concours des oisifs. Avec la liberté, au contraire, les vides se comblent comme par enchantement, chacun prend le rang que lui assigne son mérite et la tâche générale s'accomplit sans encombre. Le Conseil municipal de Paris est, bien entendu, pour la réglementation. Comme il ne peut légiférer, il a dû se borner à voter que la durée de la journée de travail, pour les travaux de la Ville, ne devra pas excéder neuf heures (1). Il a omis de décider, du même coup, que le taux des salaires ne subirait de ce fait au-

(1) Séances du Conseil municipal de Paris des 28, 29, 30 et 31 juillet 1886.

cune réduction, mais on peut être assuré qu'il ne tardera pas à réparer cette omission. Quoi qu'il advienne, la mesure serait nuisible. Une réduction du dixième de la durée du travail des ouvriers de la Ville n'atténuerait pas sensiblement le chômage; elle mécontenterait les nombreux ouvriers des industries du bâtiment qui ont l'habitude de travailler d'une façon variable, avec la température et le temps; enfin, elle aurait pour effet d'établir deux catégories d'ouvriers, dont l'une, celle qui travaille pour la Ville, serait, en partie, rémunérée par les contributions de celle qui travaille pour l'industrie privée.

Il ne faut pas croire que l'exemple donné par la Ville, aux frais des contribuables, serait promptement suivi par les particuliers. Aux États-Unis, la loi fixant à huit heures la journée de travail des ouvriers employés par la Fédération date de 1868 et, tout dernièrement encore, le 1er mai 1886, à New-York et à Chicago, les travailleurs se livraient à de grandes manifestations en faveur de l'adoption de cette durée-type de travail dans l'industrie. C'est que l'industrie privée doit compter avec la concurrence étrangère, chaque jour plus intense. Les socialistes l'ont si bien compris que, de toute part, ils demandent de fixer par une *convention internationale* une journée normale de travail, ce qui est tout uniment impraticable. M. de Bismarck l'a dit au Reichtag : « Il ne serait possible d'adopter une durée normale pour la journée de travail, que si l'on pouvait établir une *union universelle de la journée de travail*, analogue à l'union postale universelle, en même temps *qu'une union universelle de salaire*.

» Il faudrait que cette union comprît les États-Unis, l'Angleterre, tous les États industriels, et qu'aucun de ces États ne permît à ses surveillants, et par suite aux ouvriers, de se soustraire le moins du monde aux prescriptions adoptées; vous reconnaîtrez que cela n'est pas possible. »

En effet, comment pourrait-on imposer des règles uniformes de travail dans le monde entier quand on n'y parvient pas à l'intérieur d'un État, par suite de la dissemblance des conditions naturelles ou artificielles de l'industrie dans les diverses régions de cet État. Il existe certainement, en France, des industries aussi bien outillées que les industries similaires de l'Angleterre, les Ingénieurs et les ouvriers français valent bien les Ingénieurs et les

ouvriers anglais, et, cependant, aussi longtemps que les prix de la houille et de la plupart des matières premières, dans les deux pays, différeront ainsi qu'à présent, il sera impossible, sans parler des différences de mœurs, d'y égaliser la durée du travail et les salaires.

D'ailleurs, il ne faut pas seulement observer l'Angleterre où l'ouvrier adulte ne travaille guère plus, il est vrai, de 54 ou 51 heures par semaine, avec des salaires supérieurs à ceux de l'ouvrier français, il faut, aussi et surtout, observer l'Allemagne dont l'industrie, grâce à des bas prix de vente, conséquence de bas prix de revient, triomphe trop souvent de la nôtre. De même que la houille, les transports et les impôts, la main-d'œuvre est incomparablement moins cher en Allemagne qu'en France.

Alors que dans les filatures du cercle de Dusseldorf, par exemple, on paye 2 fr. 50 à 3 francs un ouvrier fileur, pour treize ou quatorze heures de travail; à Reims, à Roubaix et à Saint-Quentin, on le paye 4 à 6 francs pour une journée de douze heures. Tandis qu'à Berlin un ouvrier mécanicien gagne 3 fr. 75 à 4 francs, pour douze heures de travail, à Paris, il reçoit 6 à 8 francs pour dix heures seulement, et ainsi de suite. Pour objecter qu'on parviendrait à compenser ces différences en perfectionnant notre outillage et nos procédés industriels, il faut ignorer l'Allemagne actuelle.

Récemment, au retour d'un voyage d'études dans les principaux centres industriels de ce pays, un industriel français, M. Rousseau, disait à la Chambre de commerce de Saint-Quentin : « Il peut nous être donné, avec de la persévérance, avec de fortes études scientifiques, de rester à la hauteur de l'industrie allemande et de marcher d'un pas égal au sien, dans la voie du progrès, il ne faut pas songer à la dépasser. »

Ce que M. Rousseau a observé pour les filatures de laine et de coton peut se dire de la plupart des grandes industries. Tout en perfectionnant sans cesse son outillage, notre industrie doit donc chercher, attentivement, à s'établir sur les points où la houille, la matière première et la main-d'œuvre sont au meilleur marché. Déjà, devant l'accroissement excessif des salaires à Paris, un certain nombre d'industriels parisiens se sont résignés à quitter des ateliers tout agencés et à émigrer en province. Que les salaires

continuent à croître démesurément dans le reste de la France, par rapport aux États voisins, et ces industriels, en dépit de leur patriotisme et de toutes les difficultés, devront passer de la province à l'étranger. Le législateur qui limiterait la durée du travail sans compter avec ces conditions, se rendrait coupable du crime de lèse-industrie !

II

Femmes adultes.

Le travail des femmes de tout âge a été réglementé dans plusieurs États industriels.

En Angleterre, l'importante loi sur les fabriques du 27 mai 1878 *(Factory and Workshop act of 1878)*, résumé de la législation anglaise sur le travail, a reproduit, quant à la femme, le principe des dispositions d'un *act* du 8 juin 1847, le *ten hours act*. Assimilant celle-ci aux mineurs de 14 à 18 ans *(young persons)*, elle lui a interdit le travail de nuit et lui a prescrit de ne pas travailler plus de cinquante-six heures par semaine, soit au maximum six heures, le samedi, pour préparer le repos du dimanche, et dix heures les autres jours.

En Allemagne, la loi sur les métiers du 17 juillet 1878, *(Gewerbe ordnung)*, applicable à tout l'empire, n'a pas limité la durée du travail des adultes, mais elle autorise le Conseil fédéral à interdire d'une façon absolue ou sous certaines conditions l'emploi d'ouvrières " de tout âge ", dans des industries nuisibles à la santé ou à la moralité.

En Suisse, où le socialisme d'État a si bien fructifié, le législateur ne pouvait manquer d'exagérer pour la femme les dispositions ultra-tutélaires qu'il avait adoptées pour l'homme adulte. Hommes et femmes, en vertu de la loi fédérale sur le travail dans les fabriques, du 23 mai 1877, ne peuvent travailler plus de onze heures par jour, et le travail de nuit, toléré seulement dans certains cas pour l'homme, est interdit sans aucune exception à la femme.

En France, la loi du 9 septembre 1848, sur la limitation des heures de travail, n'a également pas établi de distinction entre les adultes de l'un et l'autre sexe, et la loi sur le travail des enfants du 19 mai 1874 ne s'est occupée de la femme adulte que pour lui interdire, conformément à un usage spontanément établi, les travaux souterrains.

Aujourd'hui, on demande davantage *pour* ou plutôt *contre* la femme, non sans l'assentiment de certains économistes.

Ainsi, M. Paul Leroy-Beaulieu qui trouve " inutile " voire " dangereux " de réglementer le travail des hommes adultes, proclame hautement " la légitimité et l'utilité de l'intervention de l'État pour la réglementation du travail des femmes " (1)!

En 1882, le Sénat avait rejeté une proposition de loi ayant pour objet d'interdire le travail de nuit aux femmes et de limiter à onze heures, par jour, et, à six jours par semaine, le travail effectif des mineurs de 18 ans et des femmes dans les manufactures et usines. Le rejet de cette proposition n'arrêta pas l'ardeur de ses auteurs ; ils ouvrirent aussitôt une campagne qui a suscité l'enquête ministérielle de 1884.

Cette enquête n'a pas été très favorable à la cause de la liberté : tandis que 321 déposants y ont demandé l'interdiction absolue du travail de nuit, pour les femmes, 151 seulement se sont prononcés pour la liberté absolue. Les ministres du Commerce et de la Justice se sont fortement inspirés des vœux de la majorité des déposants en rédigeant la proposition de loi portant modification de la législation sur le travail, qu'ils ont déposée à la Chambre des députés vers la fin de l'année 1886. Outre les dispositions relatives au travail des enfants, à l'exécution des mesures de sécurité et de salubrité du travail, cette proposition limite la durée du travail journalier à onze heures et interdit aux femmes de tout âge, dans tout établissement où s'exécute un travail industriel, le travail de nuit, déjà interdit aux enfants et aux filles mineures.

C'est en chantant les vertus de la vie de famille et en faisant du foyer démembré les plus sombres tableaux, que l'on motive à l'ordinaire les atteintes à la liberté du travail des femmes.

Assurément, la femme réchauffe, ranime, embellit le foyer; mais à la condition d'en être l'âme, de ne pas le quitter un instant,

(1) Paul Leroy-Beaulieu. Essai sur la répartition des richesses, p. 465 et 464.

Qu'y peut-elle faire, quand elle revient le soir, toute rompue par un labeur, même réduit à dix heures ? A peine le nécessaire, hélas! Le jour, ses enfants ont été abandonnés et, le soir, son mari préfère le cabaret enfumé, mais chaud, à un logis qui ne s'allume qu'à la nuit.

Pour empêcher le démembrement du foyer, on devrait donc interdire à la femme le travail de jour comme le travail de nuit, la chasser complètement de l'atelier. On ne propose cependant pas cette mesure radicale, d'abord, parce qu'il est des travaux que la femme est, seule, apte à exercer, ensuite, parce qu'il faudrait proclamer son droit à l'assistance, lui donner le pain réservé aux enfants sans appui, aux malades et aux vieillards incapables de travailler. On se borne à proposer une demi-mesure, l'interdiction du travail de nuit, sans présenter en même temps, comme corollaire, un mode quelconque d'assistance. Pour agir de telle façon, il faut oublier que, même en travaillant le soir, l'ouvrière parvient péniblement à gagner sa subsistance. Lui interdire, dans ces conditions, le travail de nuit, limiter la durée de son travail, c'est la condamner infailliblement au vice et à la misère. Ce qui se passe en Angleterre, où ces mesures sont adoptées, tendrait à le prouver.

Assistée d'un mari et entourée d'enfants, la femme peut rester au foyer, car elle y produit plus et mieux qu'au dehors; seule, au contraire, elle est tenue d'aller à l'atelier et d'y faire des heures supplémentaires, pour compenser les chômages forcés. La Société qui ne peut lui donner du pain n'a pas le droit de frapper cette dernière, et lui doit, au moins, la liberté.

C'est au mari, au père, et non à l'État, qu'il appartient de fixer la femme au foyer ou, au moins, de l'y ramener, le soir, pour accomplir les travaux domestiques indispensables. Lorsque le *ten hours act* de 1847 fut rendu, les ouvriers anglais offrirent à leur souveraine une médaille d'or au revers de laquelle on avait gravé un humble intérieur avec ces mots : *Evenings at home*. Les ouvriers anglais qui, comme leurs compatriotes de toutes classes, apprécient si justement les douceurs du *home*, n'avaient que faire d'une telle loi, bien conforme, d'ailleurs, à leurs mœurs. Pour retenir leurs compagnes ou leurs filles au foyer, il leur suffisait d'accomplir un surcroît de labeur ou d'obtenir, à l'aide de leurs forces coalisées, un

accroissement de salaires. De cette façon, au moins, les femmes sans appui n'auraient pas été, de par la loi, condamnées à la misère. La faiblesse de la femme peut être invoquée contre la réglementation, sans qu'on puisse redouter les dangers de l'argumentation en sens contraire.

Si l'on admet, en effet, que l'ouvrière a droit, en vertu de sa faiblesse, à la protection de l'État, on sera fatalement entraîné à reconnaître même droit à l'ouvrier adulte, sous le prétexte, invoqué par les socialistes de toutes sectes, que le prolétaire « pauvre bête exploitable » n'est ni libre, ni fort. L'Angleterre n'est pas encore infestée de socialisme, mais elle le sera, les signes précurseurs ne font pas défaut.

De même, si l'on admet qu'il est utile de ménager les forces de la femme adulte, par la raison qu'elle porte peut-être dans son sein l'enfant, *futur* défenseur de la Patrie, on sera également amené à admettre qu'il est non moins utile de ménager les forces de l'homme adulte, défenseur *actuel* de la Patrie, soutien de la famille. C'est ainsi qu'une fois lancé dans la voie de la protection, de l'exception, on est singulièrement exposé à culbuter dans le despotisme le plus odieux. Pour éviter ce péril, il faut se garder avec soin d'étendre aux adolescents, aux filles de 16 à 21 ans, puis aux femmes adultes, la réglementation du travail des enfants dûment incapables de défendre leur liberté. De ce qu'une femme est susceptible d'enfanter, il ne résulte pas qu'on doive l'empêcher, *sa vie durant*, de travailler au delà d'un nombre d'heures déterminé, à tel ou tel moment de la journée. Et, même au nom de l'intérêt supérieur de la perpétuation de la race, il est excessif de lui interdire le travail industriel, vers l'époque de l'enfantement, ainsi que cela se pratique en Allemagne, en Autriche et en Suisse.

Dans l'Empire allemand, d'après la loi du 17 juillet 1878, il est interdit d'occuper la femme pendant les trois semaines qui suivent sa délivrance.

En Autriche, d'après la loi du 14 mai 1869, les ouvrières ne peuvent être employées dans les fabriques, six semaines avant et après leurs couches.

Enfin, en Suisse, d'après la loi du 23 mai 1877, « avant et après leurs couches, il est réservé un espace de temps de huit semaines, en tout, pendant lequel les femmes ne peuvent être admises à

travailler dans les fabriques. Elle ne sont reçues de nouveau dans la fabrique, qu'après avoir fourni la preuve qu'il s'est écoulé six semaines, au moins, depuis le moment de leurs couches. Le Conseil fédéral désigne les branches d'industries dans lesquelles les femmes enceintes peuvent être admises à travailler. »

Ces mesures vexatoires, d'application difficile, nécessitent l'organisation d'un service public d'assistance des femmes en couches; elles seraient superflues dans notre pays.

En France, quand la femme ne quitte pas spontanément l'atelier au moment de l'enfantement, le patron sait l'en écarter, non sans l'assister. Grâce à la générosité privée, le nombre des œuvres et des associations qui assistent à domicile les femmes enceintes ou en couches et celui des œuvres qui recueillent la femme, pendant un certain temps avant et après la délivrance, va sans cesse en croissant : ici encore, la liberté suffit.

III

Adolescents et enfants

Dès 1787, l'Autriche, en 1802, l'Angleterre, en 1839, la Prusse, en 1841, la France, puis, successivement jusqu'à ce jour, la plupart des États industriels ont adopté des lois relatives au travail de l'enfance ouvrière.

Actuellement, sous la pression de l'opinion publique, la Belgique et l'Italie, qui, seules, autour de nous, ne possèdent pas encore de telles lois, se préparent à agir. Partout on reconnaît que l'État a le droit et le devoir de ménager les forces de l'enfant occupé dans l'industrie.

Mais, si tout le monde est d'accord sur le principe, il n'en est plus de même quant à l'application. Chaque pays a adopté des prescriptions différentes. Si nous retenons seulement celles qui se rapportent à l'âge auquel l'enfant, passé adolescent, doit être traité à l'égal des adultes, nous voyons que cet âge a été fixé à 18 ans révolus en Angleterre, en Suède, en Danemarck, en Suisse, et à 16 ans révolus, en Allemagne. En France on a admis 16 ans pour les enfants des deux sexes, et 21 ans, dans certains cas, pour les filles mineures employées dans les usines et manufactures.

Ainsi que nous l'avons dit, on a proposé sans succès au Sénat, en 1882, de réduire tout particulièrement la durée du travail effectif des mineurs de 18 ans et des femmes, et la partie, perdue alors, est de nouveau engagée avec quelques variantes, devant le Parlement.

La limite de onze heures, dès lors demandée, n'est certes pas excessive. En effet, dans un grand nombre d'industries, malgré les lois du 9 septembre 1848, du 23 février 1851 et du 19 mai 1874 les adultes, les adolescents et les enfants travaillent moins de onze heures. Si, de plus, on observe que les lois anglaises et suédoises fixent respectivement à dix et onze heures la journée de travail des adolescents de 14 à 18 ans, si l'on remarque que la loi allemande limite à 10 heures celle des mineurs de 14 à 16 ans, on trouvera que la loi française du 19 mai 1874 a été bien rigoureuse en fixant à douze heures par jour, le travail des enfants âgés de plus de 12 ans, pouvu qu'ils fussent munis d'un certificat d'instruction primaire.

Mais, quelle que soit la durée de travail adoptée, nous protesterons dès qu'on l'imposera à des adolescents.

Les services de l'inspection et des commissions locales du travail des enfants ne parviennent pas à protéger efficacement l'enfant, les rapports de la Commission supérieure en font foi, et, singulière logique, on voudrait par surcroît qu'ils s'occupent de l'adulte et de l'adolescent. La protection de l'Etat doit cesser à l'âge où l'enfant est apte à se défendre contre tous abus de pouvoir du père ou du patron. Elle devient, dès lors, aussi oppressive qu'elle était légitime auparavant. Tous les efforts doivent tendre à déterminer cet âge, variable avec l'individu, le climat, les mœurs et les habitudes. Dans notre pays, on peut, sans hésitation, le porter à la fin de la seizième année.

A ce moment, le jeune ouvrier a ordinairement terminé son apprentissage, il connaît son métier, gagne sa vie, et se montre, en général, plus jaloux de son indépendance qu'il ne le sera pendant le reste de son existence. Il ne se soucie, ni du patron, ni du père qui, de par la loi, a toute puissance sur lui. De même que l'adulte qu'il cherche à imiter et qu'il considère comme son égal, dès qu'il gagne mêmes salaires, il ne respecterait aucune loi limitative de la durée du travail, et les patrons déjà trop souvent lassés d'appliquer

la législation du travail des enfants, ne réagiraient pas plus contre lui que contre l'adulte. L'adolescent de seize ans est suffisamment conscient de ses actes, en mal comme en bien, pour que la Société tout absorbée du soin des incapables, lui lâche la bride sur le col. A quinze ans, en vertu de la loi civile, nos filles sont autorisées à se marier. Chaque année on voit croître le nombre des mineurs de 15 à 16 ans condamnés par les tribunaux correctionnels pour avoir commis, *avec discernement*, des méfaits que les adultes les plus pervers et les plus roués ne désavoueraient pas.

A seize ans, aujourd'hui, l'ouvrier a conquis le droit d'être traité, à l'égal de l'adulte, par les lois sur le travail. Tandis qu'à cet âge, dans les classes aisées, le mineur n'est ordinairement qu'un enfant à la charge de la famille ; dans la classe ouvrière, il lutte déjà pour l'existence depuis un certain temps, réduit, souvent, à apprendre seul, ce que les adultes ne veulent pas lui apprendre par crainte de la concurrence.

Le soin de le protéger pendant cette période de lutte, s'impose hautement. A cet effet, on nous semble autorisé à renforcer certaines dispositions de la loi du 19 mai 1874. Ainsi, par exemple, on pourrait élever l'âge d'admission à l'atelier ou, plutôt, empêcher tout enfant au-dessous de seize ans, de se livrer à un travail industriel, aussi longtemps que son développement physique et intellectuel s'y oppose. De telles mesures permettraient de simplifier une législation dont la prolixité n'a pas peu nui à l'application; elles entraîneraient, il est vrai, un surcroît de charges pour les parents et la société, mais les parents et, à leur défaut, la société, doivent assister l'enfant qui ne peut pourvoir à ses besoins.

C'est servir la cause de la liberté, que de protéger l'enfant incapable de défendre sa liberté ; c'est servir la cause de l'humanité, que de cultiver le cerveau et de fortifier les muscles de l'enfant pendant la période si importante de son existence, qui finit avec la seizième année. Mais, aussi, il faut, sans trop tarder, former sa volonté par la pratique de la liberté, l'émanciper à temps, afin de ne pas engendrer une génération d'hommes sans initiative, véritables esclaves, toujours prêts à faire appel au concours de l'Etat-Providence!

CHRONIQUE

Sommaire. — Remplacement de la vapeur comme force motrice (*suite et fin*). — Tournage d'un volant. — Emploi du carbonate de magnésie comme calorifuge. — Corrosion des chaudières par les eaux contenant du sucre. — Huiles et graisses minérales.

Remplacement de la vapeur d'eau comme force motrice *(suite et fin)*. — Nous avons vu précédemment que l'air semble se présenter comme un remplaçant économique de la vapeur d'eau. Les inconvénients qui ont été signalés ne sont pas insurmontables. La machine à air chaud de Stirling, qui date de quarante ans, ne dépensait pas plus que les machines à vapeur de l'époque, et la machine à air chaud de Shaw en 1867 ne le cédait en rien comme économie de combustible aux machines les plus perfectionnées d'aujourd'hui.

Les machines Otto et autres du même genre accusent une consommation de combustible qui n'est que la moitié de celle des meilleures machines à vapeur ; il est vrai qu'elles emploient un combustible très coûteux et que leur emploi se trouve limité à des forces relativement faibles et à des conditions spéciales.

Il est assez remarquable que les meilleures machines à gaz ou à air aient à peu près le même rendement par rapport à l'effet théorique que les bonnes machines à vapeur.

Ainsi, une machine à condensation fonctionnant avec de la vapeur à 5 kilogrammes de pression et consommant 8 kilogr. de vapeur par cheval et par heure, a un rendement théorique de 0,28 et un rendement effectif de 0,12 pour la machine, ce qui donne un rendement final de 0,09 pour l'ensemble du moteur, soit 0,32 du chiffre théorique. Or une machine à gaz de Otto ou de Clerk utilise, d'après divers expérimentateurs, 18 0/0 de la chaleur entre les limites de 1500 et 500 degrés. Ces chiffres donneraient une utilisation de 0,57, ce qui, rapporté au nombre ci-dessus, représente un rendement de 31,6 0/0, soit très sensiblement le même que celui de la machine à vapeur.

On ne peut espérer de semblables résultats de vapeurs autres que la vapeur d'eau.

Il n'est pas inutile de faire observer ici que, pour maintenir le même taux de rendement, il faut relever la température maxima en même temps que la température à laquelle la chaleur est rejetée ; par exemple, pour fixer les idées, il faudrait élever la pression initiale dans une machine sans condensation pour obtenir le même effet utile qu'avec une machine à condensation.

On a obtenu plus haut la relation $t_1 = \frac{t^2}{1-U}$; si on suppose $t^2 = 100 + 273$ et $U = 0{,}28$, on trouve $t_1 = 518$, ce qui donne une température de $518 - 273 = 235$ degrés centigrades, laquelle correspondrait à une pression de 30 ou 35 kilogrammes, tout à fait inadmissible en pratique. Il n'est pas rare d'entendre dire que tout l'avantage de la condensation peut être remplacé par deux ou trois kilogrammes de plus de pression à la chaudière. Ce qui précède peut faire juger de la justesse du raisonnement.

Il est difficile de croire à de très grands perfectionnements futurs des machines à vapeur. En employant pour les cylindres des matières non conductrices, on pourra, par la réduction des condensations à l'admission, obtenir peut-être 20 à 25 0/0 d'économie, ce qui amènera le rendement à 13 ou 14 0/0 ; en portant les pressions à 15 ou 18 kilogr. à la chaudière, on pourra arriver à 17 0/0, soit à peu près le rendement actuel des machines à gaz ; mais c'est tout ce qu'on peut espérer. Quant à ces machines, comme elles ont actuellement une perte de 50 0/0 par les parois et de 17 0/0 par l'échappement, il n'est pas impossible qu'on puisse gagner moitié sur ces pertes et amener ces moteurs à avoir un rendement des deux tiers du rendement théorique.

On peut encore les améliorer en abaissant la température finale. Si, par exemple, celle-ci pouvait tomber à 150 degrés au lieu de 500, en conservant la température initiale de 1500 degrés, on obtiendrait un effet utile théorique de 0,75 dont les deux tiers réalisés donneraient un rendement final de 0,50.

En supposant qu'on emploie du charbon comme combustible, ce serait une consommation de 0 kil. 150 par cheval et par heure, représentant une économie de 80 0/0 sur les meilleures machines à vapeur de nos jours. Même en admettant qu'il faille continuer à faire la transformation du charbon en gaz, avec le gaz à l'eau il suffirait de doubler le chiffre précédent, et une consommation de 0 kil. 300 par cheval et par heure représente encore une belle économie sur ce qu'on peut espérer du perfectionnement des machines à vapeur.

Est-il possible d'espérer encore mieux ?

Probablement non avec des machines utilisant la pression d'un fluide. Mais on peut se tourner du côté de la conversion possible de la chaleur directement en électricité. Si cette transformation peut s'opérer sans trop de pertes, le moteur électrique pourra aspirer à remplacer la machine à vapeur, à air ou à gaz. Supposons qu'on puisse un jour convertir 90 0/0 de l'énergie électrique en travail mécanique et que 90 0/0 du calorique de combustion puisse être transformé en électricité, on obtiendrait un cheval heure avec 100 grammes de charbon ; ce serait une économie de 30 0/0 sur les résultats les plus favorables qu'on puisse attendre des machines à gaz et de 85 0/0 sur ce qu'on peut obtenir des machines à vapeur.

La conclusion de l'auteur, qui paraît avoir eu en vue certains essais récemment faits aux Etats-Unis avec des moteurs à sulfure de carbone, est donc que ce n'est pas dans la voie de vapeurs autres que la vapeur d'eau qu'on doit chercher les futurs remplaçants de celle-ci. Il s'empresse d'ajouter que, quoi qu'il arrive, cette dernière n'a pas grand'chose à craindre.

Lors même qu'elle viendrait à être remplacée dans certains cas par des machines plus économiques, elle n'en resterait pas moins le moteur le plus généralement employé par les avantages qu'elle présentera toujours à divers points de vue et avec lesquels les autres pourront difficilement lutter.

Cette dernière conclusion nous paraît absolument juste.

Tournage d'un volant. — Nous trouvons dans le journal l'*Ingénieur* de Kieff, la note suivante de M. Plonitski, que notre collègue, M. Przewoski, a bien voulu traduire pour nous du russe.

L'atelier de construction de machines de Lioubymov, à Perm, a construit dernièrement une machine à vapeur de 75 chevaux pour laquelle il y avait une poulie volant de 5 mètres de diamètre et du poids de 9,500 kilogrammes. L'établissement ne possédant pas de tour convenable pour tourner ce volant, il fallait trouver un autre moyen.

Pour l'alésage du moyeu, on employa un procédé analogue à celui dont on se sert pour aléser les cylindres sur place. Le volant fut posé horizontalement sur des cales en bois et sur des rails installés de façon à ne pas dépasser la circonférence extérieure de la jante. Au-dessous du moyeu fut établie une pièce de bois portant un pivot sur lequel reposait un arbre vertical en fonte, sur lequel glissait un porte-outil déplacé le long de l'arbre au moyen d'une vis à tête carrée. Sur la tête de l'arbre était ménagé un carré recevant une armature en fer sur laquelle s'ajustait un fort levier en fer que poussaient des hommes marchant sur un plancher reposant sur les bras du volant.

A chaque tour de l'arbre, un ouvrier préposé à cet effet tournait la vis de manière à déplacer le porte-outil.

Ce fut par ce moyen qu'on alésa le trou du moyeu et qu'on tourna les parties extérieures de celui-ci, destinées à recevoir des frettes en fer.

L'appareil était mû par deux hommes (avec deux autres pour les relayer) et le travail dura sept jours ; il coûta de main-d'œuvre : pour l'installation 4 roubles, 85 kopeks, et pour l'alésage 25 roubles et 20 kopeks, total 30 roubles, soit 75 francs.

Pour le tournage de la jante, on procéda d'une manière analogue, d'après l'idée du chef d'atelier Onufre.

Sur le pivot qui avait servi de base à l'arbre du porte-outil, on installa un arbre remplissant parfaitement le trou alésé du moyeu et tournant dans celui-ci à frottement doux. A la partie supérieure de cet

arbre était une pièce en fer, destinée à recevoir deux leviers en bois de 7 mètres de longueur, dont l'un portait à la distance convenable un porte-outil destiné à tourner la jante du volant avec une vis pour le déplacer verticalement. On dut d'abord tourner la face extérieure et supérieure de la jante de la poulie, de manière à établir un chemin de roulement sur lequel portaient deux galets fixés au levier de manœuvre servant à soulager celui-ci et à s'opposer à l'effort de flexion dans le sens vertical.

On commença par le bas de la jante et on remontait un peu le porte-outil à chaque tour, au moyen de la vis de rappel.

Pour se rendre compte du nombre d'ouvriers nécessaire pour tourner l'appareil, on fit le calcul suivant :

Dans la première opération, deux hommes agissaient sur un levier de $2^m,50$ pour vaincre la résistance d'un outil agissant à l'extrémité d'un rayon de $0^m,15$.

En évaluant à 10 kilogrammes l'effort exercé par un homme travaillant d'une manière continue, on trouve pour l'effort sur l'outil :

$$\frac{2^m,25 \times 10 \times 2}{0,15} = 300 \text{ kilog.}$$

Dans la deuxième opération, l'outil agissait à l'extrémité d'un rayon de $2^m,50$, les hommes exerçaient leur effort à $6^m,50$ du centre. En admettant la même résistance que précédemment sur l'outil, on trouve pour l'effort à exercer à l'extrémité des leviers :

$$\frac{300 \times 2^m,50}{6^m,50} = 116 \text{ kilog.}$$

Si on ajoute 50 0/0 pour les frottements, on arrive à un chiffre de 174 kilogr., ce qui conduirait à employer 12 hommes pour un effort de 15 kilogr. par homme.

On commença donc avec 12 hommes, 6 sur chaque levier ; mais lorsque la première passe eut enlevé la croûte, ce nombre put être réduit à 9. Seulement, on avait deux équipes, dont l'une se chauffait pendant que l'autre travaillait ; il faut noter qu'on était en hiver et que le travail se faisait en plein air, dans la cour de l'usine.

La dépense du tournage de la jante a été, pour la main-d'œuvre seule, de 15 roubles 90 kopeks pour l'installation et de 166 roubles, 95 kopeks pour le travail proprement dit, plus 4 roubles 50 kopeks pour le polissage de la jante, soit un total de 186 roubles 35 kopeks, soit 465 francs. Le travail a duré 22 jours.

Avec l'alésage du moyeu, le travail complet du volant a donc coûté 540 francs, soit, pour 9,500 kilogr., un peu plus de 5 centimes par kilogr.

L'auteur admet que le travail a coûté dans ces conditions de 1 1/2 à 2 fois ce qu'il aurait coûté sur un tour ordinaire, mais on n'avait pas le choix.

On avait pensé tout d'abord à tourner la jante sur l'arbre de la machine même actionné par une locomobile. Mais, pour obtenir une vitesse assez réduite à la circonférence, à cause du grand diamètre de celle-ci, il aurait fallu établir des transmissions qui seraient revenues beaucoup plus cher que le tournage à la main.

Le tournage à bras s'est fait à la vitesse de un tour à la minute, représentant pour circonférence de $40^m,82$, une vitesse de $0^m,68$ par seconde. On a essayé d'abord d'atteler des chevaux sur les leviers, mais les chevaux allaient trop vite et les outils s'émoussaient très rapidement; on fut donc obligé de revenir à l'emploi des hommes.

Emploi du carbonate de magnésie comme calorifuge. — Les *Transactions* de l'Institut Américain des Ingénieurs des mines contiennent une note de M. E. Luttgen, sur les propriétés de non-conductibilité de la chaleur que présente le carbonate basique de magnésie artificiel ou magnésie blanche des pharmaciens.

On a proposé récemment l'emploi de cette substance comme calorifuge, et cette note a pour effet de relater les expériences faites pour constater la valeur de la magnésie à ce point de vue.

La magnésie blanche est en blocs ressemblant extérieurement à du plâtre, mais très légers et très poreux, tout en présentant une résistance très remarquable pour sa faible densité.

On a scié dans des blocs du commerce des dés de 25 millimètres de côté et des briques de $50 \times 100 \times 200$ millimètres, ces dernières pesant de 140 à 175 grammes. Les briques mesurées et pesées avec soin ont été immergées dans de l'eau distillée; au bout de 24 heures, on les a enlevées et séchées à la surface avec du papier buvard et on les a pesées de nouveau. La différence de poids a donné le volume d'eau absorbé et, par conséquent, le volume des vides existant préalablement. Voici un exemple : un bloc pesant primitivement 195 grammes et mesurant 1,048 centimètres cubes, pesait après immersion 1,138 grammes, soit une augmentation de 983 grammes, ou un volume de 983 centimètres cubes; ce volume représente 93,8 0/0 du volume de la brique de magnésie. Les expériences ont donné des chiffres variant de 92 à 94,5.

Pour apprécier la résistance, on a pressé des dés de 25 millimètres de côté entre deux planches. L'effort d'écrasement est de 38 à 40 kilogr., soit en moyenne 6 kilogr. par centimètre carré.

Pour la fabrication des pièces moulées destinées à envelopper des surfaces à protéger contre le refroidissement, on mélange à la magnésie une certaine proportion d'amiante, soit 7 à 8 0/0; cette addition donne à la matière une plus grande résistance et diminue la porosité des surfaces.

Les expériences ont été faites d'une manière simple et expéditive permettant la comparaison avec d'autres substances calorifuges.

On a d'abord procédé par une méthode basée sur ce fait que, toutes choses égales d'ailleurs, le refroidissement d'un liquide contenu dans un récipient est proportionnel à la radiation des parois. On se servait de vases en étain de 0^m300 de hauteur sur 0^m060 de diamètre qu'on enveloppait des matières à comparer. Ces vases étaient remplis d'eau bouillante, et des thermomètres indiquaient les températures successives de cette eau, qu'on notait à des intervalles réguliers. On a également opéré avec de la glycérine pour obtenir des températures plus élevées. Cette méthode a dû être abandonnée, parce qu'on a trouvé que la conductibilité relative des diverses matières n'était pas la même dans les diverses circonstances.

On s'est servi ensuite d'un appareil formé d'un tube incliné de 50 millimètres de diamètre recevant de la vapeur d'une chaudière; ce tube était précédé d'un tube vertical recevant l'eau de condensation qui pouvait venir de la chaudière, de sorte qu'on était assuré qu'il ne passait que de la vapeur dans le tube incliné, à l'extrémité duquel on recueillait l'eau de condensation provenant du refroidissement. Chaque tube était recouvert d'une matière isolante différente.

Les matières essayées étaient :

1° *Feutre* enroulé sur une seule épaisseur, recouvert de toile et ficelé; le diamètre extérieur de l'enveloppe était de 0^m115 et le poids de 1.25 kilogr. par mètre courant.

2° *Carbonate de magnésie* préparé par la *Magnesia Sectional Covering Company* de Philadelphie; sous forme de demi-cylindre creux emboîtant le tuyau, enveloppé de papier d'amiante et assujetti par des cercles en fer distants de 0^m46. Le diamètre extérieur de l'enveloppe est de 0^m115 et le poids de 2.05 kilogr. par mètre courant.

3° *Carbonate de magnésie*, comme le n° 2, mais enveloppé de toile au lieu de papier d'amiante, même poids que le précédent.

4° *Laine minérale* fournie par la *American Steam Covering Company* de New-York. La laine minérale ou laine de laitiers est enveloppée de papier d'amiante avec une toile de coton à l'extérieur; le tout est assujetti par de la ficelle; le diamètre extérieur de l'enveloppe est de 0^m133 et le poids de 2.85 kilog. par mètre courant.

5° *Enveloppe non conductrice démontable de la Compagnie Chalmer-Spence.* — Cette enveloppe se compose de cylindres creux d'une composition complexe; il y a d'abord contre la surface à protéger du papier d'amiante, puis de l'amiante en fibres, du papier, du feutre, puis du papier. Le tuyau ainsi formé est fendu; on l'ouvre pour le placer autour du conduit à protéger, on le referme et on le maintient avec des agrafes à deux pointes. Le joint est recouvert d'une bande de papier. Le diamètre extérieur est de 0^m115 et le poids par mètre courant avec 12 agrafes de 2.88 kilogr.

6° *Enveloppe isolante de Bradley.* — Cette enveloppe est formée de

19 couches de fort papier dont une couche sur deux de papier d'amiante.

Les joints se font comme pour le numéro précédent avec des agrafes.

Le diamètre extérieur est de $0^m,115$ et le poids de 2.75 kilogr. par mètre courant.

7° *Enveloppe isolante de Reed*, composée de 12 couches de papier dont l'intérieure de papier d'amiante. Le joint se fait comme pour le numéro 5. Diamètre extérieur $0^m,108$, poids 2.65 kilogr. par mètre courant.

8° *Farine fossile* fournie par la *Fossil Meal Company*, de New-York.

C'est un mélange de cette terre avec une fibre organique, poil, etc., et probablement une certaine proportion d'amidon. La matière est mise en pâte avec de l'eau et appliquée à la truelle sur le tuyau.

Diamètre extérieur $0^m,095$, poids 2.40 kg. par mètre courant.

Nous passons sous silence les nombreuses précautions indiquées pour arriver aux résultats obtenus en relatant toutefois que ces expériences ont été prolongées pendant plusieurs jours, la pression de la vapeur étant de 4 1/2 à 5 kilogr. et la température de la pièce où on opérait de 18 degrés.

Les quantités de vapeur condensées dans chacun des six tuyaux sont données dans le tableau ci-dessous, où on a indiqué les quantités de calories correspondantes calculées dans l'hypothèse d'une température moyenne de la vapeur égale à 150 degrés centigrades.

N° 1	104 grammes	soit 55.20	calories par	mètre courant et par heure.
2	113	— 56.92	—	—
3	114	— 57.22	—	—
4	115	— 57.96	—	—
5	125	— 62.70	—	—
6	127	— 64.00	—	—
7	135	— 67.74	—	—
8	172	— 86.58	—	—

On voit d'après ce tableau que c'est le feutre qui a donné le résultat le plus favorable. La magnésie vient immédiatement après et la laine minérale occupe le dernier rang.

On ne doit pas en rester là au point de vue du choix à faire d'une matière isolante.

Toutes les substances possédant cette propriété à un degré plus ou moins élevé peuvent être divisées en deux classes : 1° les matières organiques, telles que le poil, le papier, la paille. etc.; 2° les matières minérales, telles que l'amiante, la laine minérale, la magnésie, etc.

Les matières organiques ont contre elles l'inconvénient de leur combustibilité. Les Compagnies d'assurance se sont occupées de cette question et ont recueilli des faits probants à cet égard.

Le papier, par exemple, prend facilement feu spontanément lorsqu'il est resté un certain temps exposé à la température de tuyaux contenant de la vapeur aux pressions ordinaires. En dehors de cette considération, il n'est pas contestable que les matières organiques employées en revêtement ne s'altèrent assez rapidement.

Le feutre, par exemple, surtout sur un tuyau horizontal, devient promptement pulvérulent et tombe à la partie inférieure de l enveloppe, laissant la partie supérieure sans autre protection qu'une couche d'air qui devient inefficace et même absolument nuisible si une ouverture dans l'enveloppe permet la circulation.

Les matières minérales sont moins altérables et surtout elles ont l'avantage d'être incombustibles. Mais certaines sont d'assez bons conducteurs de la chaleur, l'amiante en fibres entre autres; cette dernière a donc peu de raison d'être employée à cet état dans le cas qui nous occupe; ce n'est que lorsqu'elle est très divisée et sous forme de duvet qu'elle est mauvaise conductrice; il est bien préférable d'employer la laine minérale dont c'est l'état normal. Celle-ci a malheureusement contre elle l'inconvénient de se mettre en poudre par les vibrations inévitables qu'éprouvent les conduites de vapeur; cette poudre se rassemble à la partie inférieure des enveloppes qui deviennent alors d'une efficacité très problématique.

On a beaucoup parlé de l'action corrosive que la laine minérale exercerait sur les tuyaux en fer et le professeur Egleston a prouvé que cette action s'exerce réellement dans certaines conditions ; mais il est probable que ce n'est que lorsque la laine minérale provient de laitiers renfermant du soufre ; autrement on ne voit pas d'où proviendrait cet effet, et encore peut-on l'éviter en maintenant les enveloppes bien sèches.

L'action isolante du carbonate de magnésie provient de sa nature éminemment poreuse. C'est en réalité l'air stagnant qui agit dans ce cas. La farine fossile s'est montrée le plus mauvais calorifuge, probablement à cause de sa densité relativement considérable ; l'épaisseur était d'ailleurs assez faible, seulement 18 millimètres; peut-être en plus grande épaisseur eût-elle conduit à des résultats plus favorables. Toutefois celle qui a été donnée est l'épaisseur recommandée par les promoteurs de cette substance.

Mais rien ne surpasse la magnésie au point de vue de la facilité de la pose et de l'enlèvement des enveloppes, de même qu'à celui de l'apparence extérieure dont on est obligé de se préoccuper dans certains cas. On ne peut mettre au-dessus à cet égard que les enveloppes de bois qu'on peut d'ailleurs rendre incombustibles par une préparation convenable.

Le prix a une moins grande importance qu'on ne le suppose généralement. On peut poser en principe que la matière la moins con-

ductrice, à condition qu'elle soit durable et incombustible, sera la plus économique en fait.

On a constaté par des expériences directes qu'un mètre de tuyau de 50 millimètres contenant de la vapeur à 4, 5 kilogs de pression, laisse condenser 500 grammes en nombre rond de vapeur par heure. Avec une bonne enveloppe isolante, la condensation se réduira à 100 grammes, soit 400 grammes d'économie ou 4 kilogr. par jour de dix heures et par mètre courant de tuyautage. Pour 30 mètres et 300 jours, c'est un total de 46,000 kilogr. de vapeur correspondant à un poids de charbon de 5,500 kilogr. environ valant au moins 110 francs et bien plus dans certains endroits. Il est donc bien permis de dire que, si chaque mètre d'enveloppe coûte 3 fr. 50, ce prix sera payé par l'économie de combustible d'une seule année; si donc la durée est pour ainsi dire indéfinie, l'avantage devient très considérable.

Il semble donc d'après ce qui précède que le carbonate de magnésie présente des propriétés particulièrement avantageuses comme substance calorifuge.

Corrosion des chaudières par les eaux contenant du sucre. — Le *Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille* contient une note de MM. Klein et Berg sur une cause peu connue de corrosion des tôles de chaudières, cause qui est l'action des solutions sucrées sur les métaux.

Les auteurs ont entrepris une série de recherches pour résoudre la question, et ne se sont pas bornés à rechercher l'action des sucres, mais ont étudié en outre celle du malt, du maltose, de la gomme, de la dextrine, du glucose, de la glycérine et de la mannite.

Les solutions de ces diverses substances étaient chauffées à une température de 115 à 120 degrés, avec des échantillons de tôles à chaudières. On dosait le fer dissous de deux manières : 1° par le dosage dans la liqueur ; 2° par la perte de poids du fer. Comme terme de comparaison, on chauffait à chaque expérience un échantillon de la même tôle dans l'eau distillée. La chauffe durait plusieurs jours consécutifs pour reproduire, dans une certaine mesure, les conditions de travail des chaudières à vapeur.

On a opéré d'abord avec des quantités de sucre variant de 0 à 3 centigrammes pour 30 grammes d'eau, soit 1 0/0. On a constaté que la proportion de métal dissous croît avec celle du sucre, mais non proportionnellement : cette proportion varie du huitième au cinquième du poids du sucre ; il semble que le sucre se transforme en acide acétique, ce qui expliquerait l'action sur le fer.

Les auteurs ont opéré également sur le cuivre, le zinc et le plomb. Le premier n'a pas été attaqué, le plomb l'a été peu et le zinc très fortement.

Il était non moins intéressant de rechercher l'action des autres sub-

stances neutres sur le fer ; on a opéré avec le sucre interverti, la glycérine, la mannite et le malt. Le premier et le dernier corrodent fortement le fer ; la glycérine et la mannite n'ont aucune action, pas plus que la gomme, la dextrine et l'amidon.

Il nous paraît intéressant de reproduire intégralement les conclusions des auteurs.

« On voit que certaines substances neutres subissent par chauffage sous pression avec la vapeur d'eau, une modification qui les transforme en composés acides, corrodant le fer et que leur action est comparable à celle d'un acide organique faible, à poids moléculaire un peu élevé, acide citrique, par exemple. La gomme arabique, la dextrine du commerce attaquent le fer dans les mêmes conditions que les sucres, mais cette attaque est bien moins active que celle que produisent les substances sucrées.

Il est même probable que cette action est simplement due aux impuretés que renferment ces produits commerciaux.

Cela rend compte des corrosions observées dans certaines usines ; ces corrosions ont été remarquées dans les circonstances suivantes :

On avait des générateurs à réchauffeur, et l'eau de condensation, provenant de la vapeur qui avait servi au chauffage, retournait à la chaudière par le réchauffeur qui présentait une température variant suivant les usines et les circonstances de chauffage, de 110 à 130 degrés.

Dans ces conditions, la tôle du réchauffeur, et du réchauffeur seulement, présentait des corrosions assez profondes, affectant quelquefois la moitié de l'épaisseur du métal, d'un diamètre moyen plus grand au fond qu'à l'orifice (ces corrosions sont du genre de celles appelées chancre par les spécialistes qui se sont occupés de corrosions de chaudières).

Le corps du générateur n'en présentait que rarement. Ces cavités sont remplies d'une matière ocreuse, jaune, faisant saillie au dehors et renfermant principalement un sel de fer à acide organique et du carbonate de calcium.

Ce fait est en relation avec l'observation suivante que M. Klein a eu occasion de faire il y a longtemps. Quand on chauffe du sucre en présence de l'eau sous pression, le sirop devient acide, et l'acidité est moindre à haute température qu'aux environs de 100 degrés.

A haute température (140 à 180 degrés) on se rapproche davantage des conditions de la décomposition pyrogénée ou caramélisation.

En résumé, on voit d'après ce qui précède, que les sucres doivent être ajoutés à la liste des substances capables de corroder les corps des générateurs.

Il en est de même, dans de bien moindres proportions, pour la dextrine et la gomme.

Trop souvent de semblables corrosions ont été attribuées à de toutes autres causes, telles, par exemple, que la mauvaise qualité des tôles.

Huiles et graisses minérales. — M. Gomez a fait à la section de Liège de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège,* une communication sur les huiles et graisses minérales dans leur emploi industriel, dont voici le résumé :

Les huiles minérales proviennent de la distillation fractionnée des portions difficilement volatiles du pétrole. On en distingue deux espèces : les huiles minérales russes et les huiles minérales américaines.

Ces dernières sont des composés d'hydrocarbures multiples, parmi lesquels on rencontre surtout la série forménique C^nH^{2n+2}. Les premiers termes de cette série sont abondants dans les produits américains, tandis que les termes intermédiaires sont en minime proportion.

L'huile russe, au contraire, renferme surtout les termes intermédiaires, à côté d'une proportion minime de corps tertiaires oxygénés qui constituent le goudron. Les huiles de graissage constituent un produit accessoire du pétrole américain, tandis qu'elles acquièrent, pour le naphte russe, une importance économique presque égale à celle des huiles d'éclairage.

En fractionnant les produits de la distillation du naphte russe, on peut extraire de celui-ci :

1° La benzine. Densité 790.

2° Le pétrole.

3° Les huiles maigres, densité 865, servant à l'éclairage.

4° Les huiles grasses moyennes, densité 895, employées pour le graissage des broches de filature, etc.

5° Les huiles grasses, densité 908, employées pour le graissage des machines.

6° Enfin, des carbures mous à la température ordinaire donnant après raffinage des huiles pour le graissage des cylindres à vapeur, densité 915, et de la vaseline, densité 925.

7° Le goudron, servant de combustible.

Les huiles grasses, densité 908, sont celles employées principalement dans les usines.

L'emploi de l'huile minérale se répand de plus en plus, mais malheureusement ces huiles n'échappent pas aux falsifications ; il est absolument nécessaire de les soumettre à un examen sérieux avant de s'en servir.

Voici les conditions imposées par un cahier des charges spécial aux fournisseurs de la Société John Cockerill.

1° *Désignation et provenance.* — L'huile faisant l'objet de la fourniture devra provenir exclusivement de la distillation des huiles de naphte de Russie.

Cette condition sera remplie si toutes celles qui suivent sont satisfaites.

2° *Pureté.* — Elle devra être pure et ne contenir aucun mélange d'huile de schiste ou de boghead, ni d'huiles végétales ou animales d'aucune espèce, ni de résine. Elle ne devra pas renfermer d'eau. La potasse permet de reconnaître les huiles végétales, animales ou de résine ; ces huiles donnent un savon. L'acétate neutre de plomb en solution alcoolique en présence d'une résine donne des grumeaux blancs.

3° *Aspect et dépôt.* — Elle sera suffisamment clarifiée pour ne présenter après un repos de 48 heures aucune matière solide, grumeaux, etc., en dépôt ou en suspension. Toute huile trouble est refusée.

4° *Rectification.* — Elle ne devra pas contenir de paraffine séparable par le refroidissement. Cette clause permet de distinguer l'huile minérale américaine.

L'opération se fait en refroidissant l'huile jusqu'à congélation ; en exprimant la masse, la paraffine reste s'il y en a.

5° *L'huile devra être neutre.*

6° *Siccativité et inaltérabilité.* — L'huile ne devra présenter aucun indice de siccativité ou de dénaturation sous l'influence des agents atmosphériques.

La recherche de la siccativité se fait de la façon suivante : dans un matras on verse 125 centimètres cubes d'eau acidulée de 3 0/0 d'acide sulfurique et 8 centimètres cubes d'une solution à 1/1000 de permanganate.

Dans cette solution on verse 2 centimètres cubes de l'huile à essayer, on mélange intimement et la coloration violette disparaît plus ou moins rapidement suivant qu'il y a plus ou moins d'huile siccative dans le mélange.

7° *Densité.* — La densité mesurée à + 15° devra être comprise entre 906 et 908. C'est une condition qui donne peu de sécurité, car il est facile avec deux huiles différentes mélangées en proportion convenable, de reproduire la densité d'une troisième.

On emploie l'oléomètre de Lefèvre et celui de Pinchon. Ce dernier permet de trouver sans calcul la densité à 15°, quelle que soit la température du liquide.

8° *Congélation.* — A la température de — 10 degrés centigrades, l'huile devra être encore liquide.

9° *Inflammabilité.* — L'huile ne devra pas dégager de vapeurs inflammables à une température inférieure à 170 degrés C. L'appareil de Penski employé à cet essai est fort simple. Un réservoir hermétiquement fermé est chauffé d'une façon quelconque. Le couvercle est disposé de manière à pouvoir, à un instant déterminé, ouvrir une

petite fenêtre par laquelle on met le feu aux vapeurs. Un thermomètre indique les températures.

10° L'huile ne devra pas avoir plus de 50 de fluidité. L'appareil servant à déterminer ce dernier point est connu de tous ; c'est le viscomètre ordinaire.

La question du graissage est très importante, car à la Société John Cockerill, où la dépense annuelle s'élevait à 120,000 francs, elle n'est plus que de 60,000 francs, grâce à l'emploi des huiles et graisses minérales.

(A suivre.)

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Décembre 1886.

Méthode et procédé de **Jaugeage rapide et approximatif des crues**, par M. Charles Ritter, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le point de départ de la méthode recommandée par l'auteur est qu'il résulte de nombreux jaugeages exécutés au moulinet, dans des conditions très variées, que la vitesse moyenne U calculée pour toute la hauteur d'une verticale est, sauf écarts en plus ou en moins ne dépassant guère 5 0/0, égale à 0,85 de la vitesse mesurée près de la surface à une profondeur de 0^m10 à 0^m15.

Si donc on peut se contenter du débit limite obtenu dans ces conditions d'approximation, le problème du jaugeage se réduit donc dans un profil dont on connaît la section :

1° A mesurer pour diverses hauteurs d'eau, et près de la surface seulement, les vitesses aux divers points du profil transversal de la rivière.

2° A enregistrer exactement les hauteurs successives de l'eau pendant la durée de la crue.

Ces deux opérations peuvent s'effectuer rapidement au moyen des deux instruments suivants, le *tachymètre de surface* et le *fluviographe*.

Le premier appareil se compose d'un tube de Pitot, modifié par Darcy et disposé pour pouvoir être employé du haut des ponts; ce qu'il présente de particulier c'est qu'entre chacun des ajutages et le tube de transmission au manomètre est interposé un tube capillaire horizontal d'une longueur d'environ 1^m20 et qui, pour occuper moins d'espace, est enroulé en spirale.

En outre, le tube de transmission ne contient pas d'eau : il reste toujours rempli d'air, et c'est précisément grâce à cette substitution de l'air comprimé à l'eau pour la transmission des pressions, que l'on peut augmenter à volonté la distance entre les ajutages et le manomètre et par conséquent opérer du haut des ponts.

Le fluviographe se compose d'un fluviomètre ou hydromètre, de préférence à plongeur et d'un enregistreur. Pour ce dernier, l'auteur emploie un cylindre de 0^m20 de hauteur sur 0^m16 de diamètre dont

la vitesse de rotation est de 2,5 millimètres à l'heure, de manière à faire un tour complet en huit jours.

Note sur **les derniers travaux de M. Bauschinger** relatifs à l'élasticité du fer et de l'acier, par M. Daniel MAYER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Des expériences d'une extrême précision ayant fait reconnaître à M. Bauschinger que des allongements permanents, réels bien que très faibles, se produisent dès le début d'un essai à la traction ou à la compression, on est amené à considérer comme inexacte la définition de la limite d'élasticité fondée sur le défaut d'allongement permanent de la pièce comprimée ou tendue et M. Bauschinger a proposé de la définir par la notion plus scientifique de la proportionnalité des déformations aux efforts. Seulement il a été amené également à considérer un autre point remarquable de la courbe de déformation, celui à partir duquel les allongements totaux et permanents deviennent très considérables et croissent même sous l'action d'une charge persistante. Cette limite désignée en allemand par les mots de *Streckgrenze* et *Quetschgrenze* peut se traduire en français par les expressions de limite de grande extension et limite de grande compression. La position et même l'existence de ce point varie avec la nature des métaux.

Les diverses propositions dans lesquelles se groupent les résultats obtenus par M. Bauschinger peuvent être classées dans les quatre chapitres suivants :

1° Variation de l'élasticité sous l'action d'une charge qui dépasse les limites primitives de l'élasticité ;

2° Variation de l'élasticité sous l'action du martelage, du recuit et de la trempe ;

3° Variation de l'élasticité sous l'action d'un petit nombre de charges successives, alternativement de sens contraire ;

4° Variation de l'élasticité, de la structure. et conditions de rupture sous l'action d'efforts successifs répétés un très grand nombre de fois.

La question de la rupture des pièces métalliques sous l'action d'efforts indéfiniment répétés a été soulevée par les expériences de Wohler et de Spangenberg dont les résultats sont entrés dans la pratique en Allemagne et ont conduit à employer dans ce pays des coefficients de résistance variables selon la répétition et l'alternance des efforts auxquels les pièces sont soumises. Reste à savoir si on ne peut, en présence de la connaissance incomplète qu'on a encore de ce qui se passe dans ces conditions de travail de la matière, considérer l'application rigoureuse que fait l'art des constructions dans le Nord de l'Allemagne des travaux de Wohler et Spangenberg comme un peu hâtive et prématurée.

Quoi qu'il en soit, l'auteur passe en revue avec quelques détails les différents chapitres énumérés plus haut. Ses conclusions sont que la modération des coefficients qu'on emploie généralement en France suffit pour s'assurer contre l'effet de la répétition des charges alternativement de sens contraire, et qu'il est prudent d'attendre pour modifier ces coefficients qu'on soit mieux fixé sur bien des points relativement aux changements moléculaires qui peuvent se produire dans les pièces sous l'action de causes diverses.

Il nous est impossible de passer sous silence une observation contenue dans la note de M. Mayer et ainsi conçue :

« C'est un fait singulier qu'à notre époque, où les échanges d'idées entre peuples voisins sont si faciles et si rapides, une question qui préoccupait vivement l'Allemagne ait pu rester longtemps comme ignorée en France. Nous ne croyons pas qu'avant l'année dernière, l'attention des ingénieurs français ait été beaucoup attirée sur ce point. »

En réponse à cette observation nous rappellerons que la question a été traitée très amplement, il y a déjà longtemps, devant notre Société: elle a fait l'objet, dans les séances des 1er et 15 juillet 1881, d'une discussion à laquelle ont pris part MM. Tresca, Marché et Seyrig, discussion qui n'occupe pas moins de vingt-cinq à trente pages de nos procès-verbaux. Ce fait suffit, pensons-nous, pour faire reconnaître que l'attention des ingénieurs français avait été attirée d'une façon sérieuse sur ce point avant l'année dernière, c'est-à-dire avant le mémoire de M. Considère qui contient la discussion des expériences de Wohler et Spangenberg.

Notice sur **la distribution d'eau de la ville d'Albi**, par M. Berget, ingénieur des ponts et chaussées.

Jusqu'en 1886, la ville d'Albi, dont la population est de 20,000 habitants, n'avait pour s'alimenter d'eau que des puits et quelques sources très insuffisantes.

En 1879 on a étudié un projet dont le but était d'assurer une alimentation de 250 litres par jour et par habitant avec pression de 15 mètres au point le plus élevé de la ville au moyen d'une élévation par machines de l'eau du Tarn.

Voici la description sommaire du projet exécuté et terminé récemment :

L'eau du Tarn, qui est fréquemment limoneuse, est d'abord filtrée dans des puits métalliques au nombre de deux dont le diamètre intérieur est de 1m,80 et la hauteur d'environ 4 mètres : ces puits descendent à 9 et 10 mètres au-dessous de l'étiage.

De chacun de ces puits part une conduite d'aspiration de 300 millimètres de diamètre intérieur; les deux se réunissent en une conduite de 400 millimètres qui aboutit aux pompes placées à environ 200 mètres de distance.

Les machines élévatoires furent l'objet d'un concours à la suite duquel MM. Feray et Meunier, d'Essonnes, furent chargés de leur exécution.

Les moteurs, au nombre de deux, sont des turbines Fontaine, dont chacune actionne directement deux pompes horizontales à plongeur et à double effet, plus une pompe nourricière. Ces turbines sont mues par une chute d'eau concédée à la ville par la Société des Aciéries du Saut-du-Tarn, dont la hauteur est de 4 mètres à l'étiage et le volume de 4,500 à 8,000 litres à la seconde.

Les turbines ont $2^m,20$ de diamètre moyen, les pompes ont $0^m,233$ de diamètre de plongeur avec $0^m,500$ de course, le nombre maximum de tours à la minute est de 32.

La conduite de refoulement est de 7,600 mètres de longueur et son diamètre est de 350 millimètres; elle se ramifie pour former la canalisation de la ville et finalement aboutit à un réservoir formé de deux bassins carrés de 25 mètres de côté; ce qui, pour $3^m,50$ de profondeur d'eau, donne une capacité de 4,000 mètres cubes. Le réservoir est recouvert par des voûtes d'arête reposant sur des piliers en briques.

La canalisation est exécutée en tuyaux de fonte avec joints au plomb, elle a 22,000 mètres de développement.

Le prix de revient total de la distribution d'eau est de 970,874 fr. non compris les acquisitions de terrain, indemnités, frais d'étude et de personnel. Dans ce chiffre, les machines entrent pour 93,123 francs et les maçonneries de l'usine hydraulique pour 129,000 francs. La conduite de refoulement a coûté 267,723 francs, soit 30 francs environ le mètre et les réservoirs 90,000 francs, ce qui met le prix du logement du mètre cube à 23 francs.

Note sur la **marche des flotteurs dans les courants**, par M. Bérard, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Cette note est relative à des explications données dans les *Annales* sur le fait que les grands flotteurs marchent plus vite que le courant qui les porte et relate une expérience qui montre que la pesanteur n'entre pour aucune part dans cet accroissement de vitesse.

Note sur les **piles et pylônes de grande hauteur**, à propos du mémoire de M. Leygue, par M G. Eiffel, Ingénieur constructeur.

L'auteur conteste les conclusions émises par M. Leygue dans son mémoire inséré dans les *Annales* (voir Comptes rendus d'août 1886, page 244). Il s'étend particulièrement sur la question des piles métalliques pour laquelle il maintient que la forme concave des faces des piles se justifie par des considérations très importantes.

D'après M. Eiffel, le choix de la maçonnerie ou du métal ne peut être déterminé par des formules générales et des règles fixées à

l'avance, mais doit résulter de la comparaison de projets dans lesquels entrent tous les éléments particuliers de la question.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur**, pendant l'année 1885.

Ce bulletin a déjà paru dans les *Annales des mines* (voir Comptes rendus de janvier 1887, p. 165).

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 6. — *5 Février 1887.*

Distribution d'eau de la ville de Gladbach, par A. Musmann.

Matériaux. — Étude microscopique du fer et de l'acier.

Groupe de Berlin, — Emploi des alliages fusibles dans les appareils de sûreté des chaudières à vapeur et fixation du point de fusibilité de ces alliages.

Groupe de Cologne. — Visite de la mine de lignite de Rodder à Bruhl-sur-Rhin.

Groupe de Mannheim. — Essai de résistance à la traction sur des bronzes de diverses compositions.

Groupe de la Haute-Silésie. — Organisation de l'usine royale Friedrichshutte.

Groupe de Westphalie. — Le gaz naturel aux États-Unis et ses applications.

Patentes.

Bibliographie. — La technique de la téléphonie, du docteur W. Wietslisbach,

Variétés. — Programmes scolaires. — Chaudière à soude Honigmann. — Production de fer et d'acier des États-Unis de 1865 à 1885.

N° 7. — *11 Février 1887.*

Tableaux graphiques pour la mesure de la résistance des coques de navires, par E. Dietze.

Accumulateurs électriques, par le docteur R. Rühlman.

Chemins de fer. — Les chemins de fer à crémaillère et leur raccordement avec les chemins de fer à adhérence.

Groupe de Francfort. — Excursion dans le district industriel du Palatinat. — Machines frigorifiques du système Raoul Pictet. — Nouvelles applications de l'électricité. — Emploi du téléphone.

Réunion générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 16 janvier 1887. — Structure microscopique du fer. — Les hauts-fourneaux aux États-Unis.

Patentes.

Bibliographie. — Filtrage des eaux pour usages domestiques et industriels.

Correspondance. — Machines marines à triple expansion.

Variétés. — Définition de l'invention.

N° 8. — *19 Février 1887.*

Tiroir équilibré et son emploi pour les faibles admissions, par R. R. Werner.

Accumulateurs électriques, par le docteur R. Rühlmann *(fin)*.

Groupe de Hanovre. — Pompes à air pour condenseurs. — Notes de voyage sur les chemins de fer anglais.

Patentes.

N° 9. — *26 Février 1887.*

Dragues et excavateurs à sec, par le docteur Ph. Forchheimer.

Tiroir équilibré et son emploi pour les faibles admissions, par R. R. Werner *(fin)*.

Groupe de Berlin. — Tramways à câble aux États-Unis.

Patentes.

Bibliographie. — Construction des ponts, du docteur T. Schaffer et Ed. Sonne.

Rapport de la commission de l'Association des Ingénieurs allemands sur un projet de réglementation de l'installation et de l'emploi des petites chaudières et appareils culinaires.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. MALLET.

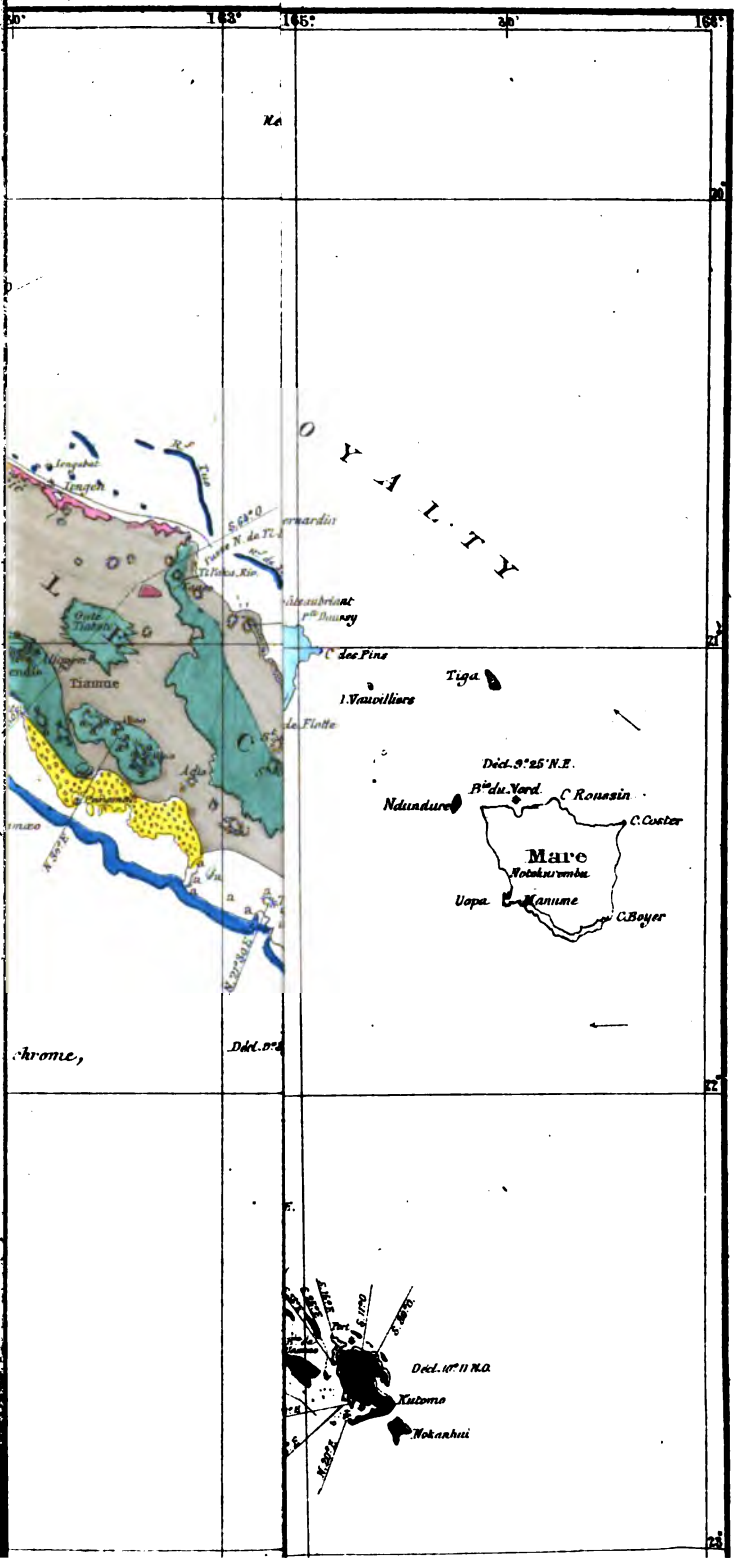
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 6270-7

E GÉOLOGIQU

DRESS

du service des mi

P1.138.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MARS 1887.

N° 3

Sommaire des séances du mois de mars :

1° *Destruction par la foudre de la cheminée de l'usine de Fécamp* (Séance du 4 mars, page 320) ;

2° *Banquet commémoratif du 39e anniversaire de la fondation de la Société* (Séances des 4 et 18 mars, pages 328 et 335) ;

3° *Souscription ouverte en faveur des victimes de la catastrophe de Saint-Etienne* (Séances des 4 et 18 mars, pages 321 et 329) ;

4° *Exposition de Toulouse*, ouverture le 15 mai prochain, par M. Périssé (Séance du 4 mars, page 322) ;

5° *Le Laurium en 1885*, mémoire de M. Huet (Alfred), communiqué par M. Périssé (Séance du 4 mars, page 323) ;

6° *Trains-Tramways*, organisés par la Compagnie du chemin de fer du Nord, par M. Cossmann (Séance du 4 mars, pages 325 et 415) :

7° *Trains-Tramways*, organisés en Autriche, en Allemagne, en Belgique et en Italie, par M. Cerbelaud (Séance du 4 mars, pages 325 et 448) :

8° *Voiture à vapeur*, système Robert et Severac (Séance du 18 mars, page 328) ;

9° *Voies métalliques*, par M. Bernard (Séance du 18 mars, page 329);

10° *Le prix de revient des transports par chemins de fer et la question des voies navigables en France, en Prusse et en Autriche* (Discussion du mémoire de M. Nordling sur le), par MM. Pontzen et Fleury (Séance du 18 mars, page 330);

Pendant le mois de mars la Société a reçu :

De l'École spéciale d'architecture, un exemplaire de son Bulletin de l'année 1886-1887, au sujet de la séance d'ouverture du 11 novembre 1886.

De M. Ch. Gomel, un exemplaire de sa brochure intitulée: *les Projets de réforme de la législation sur les mines* (Extrait de *l'Économiste français).*

De M. Georges Delaporte, membre de la Société : 1° un exemplaire de sa brochure intitulée : *Nouvel éclairage par l'Électric-Gaz* ; 2° un exemplaire du *Journal des Usines à gaz* (11e année, n° 4, 20 février 1887).

De M. G. Broca, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Voie métallique pour tramways, chemins de fer routiers et d'intérêt local.*

De MM. Henri Ravon et G. Collet-Corbinière, un exemplaire de leur ouvrage intitulé : *Dictionnaire de la propriété bâtie* (volume deuxième, premier fascicule).

De la Société française de physique, un exemplaire du volume intitulé : *Collection des mémoires relatifs à la physique* (TomeIII, mémoires sur l'électrodynamique).

De M. Charles Boutmy, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Rapport sur l'Éclairage* (Exposition internationale organisée par la Société nationale des arts et des sciences industrielles en 1886).

De l'Assistance ouvrière en France, un exemplaire de l'*Exposé de la législation suivi de documents sur la situation des Sociétés de secours mutuels et des Caisses d'État.*

De MM. E. Boyenval et Ponsard et Cie, deux exemplaires de leur catalogue sur *les Traverses métalliques cannelées en acier.*

De M. Evrard A., membre de la Société, un exemplaire d'une notice intitulée : *Tréfileries et câbleries.*

De M. Bouscaren, membre de la Société, deux exemplaires de : *General specifications for Railway Bridges and Viaducts of Iron and Steel.*

J. A. Berly's, Universal Electrical Directory (1887).

De M. Vuillemin, membre de la Société, un exemplaire des *Résultats*

comparatifs des années 1885 et 1886, des bassins houillers du Nord et du Pas-de-Calais ;

De M. de Comberousse, membre de la Société, deux exemplaires du *Discours qu'il a prononcé le 16 janvier 1887, à l'inauguration de la statue de Denis Papin (Bulletin* n° 42, de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers, fondeurs);

De M. Agostini, des exemplaires de son *Rapport au Syndicat maritime et fluvial de France, sur la France et le Canada* ;

De M. Dwelshauvers-Dery, membre de la Société, un exemplaire de sa *Conférence sur l'enseignement de la mécanique appliquée;*

De M. A. Lencauchez, membre de la Société, un exemplaire de son étude sur le *Chauffage des cornues, la Condensation et l'Épuration du gaz;*

De M. Edmond Peny, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Jetons et Méréaux de charbonnages* ;

De M. Mancini, un exemplaire de son rapport sur la *Distribuzione dell' acqua, à Madrid.* ;

De M. Alfred Hauct, membre de la Société, un exemplaire de sa note sur le *Souterrain de Philippeville* ;

De M. Séverac, membre de la Société, des exemplaires d'une note sur la *Voiture à vapeur, système Séverac et Robert.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Bouillard,	présenté par MM.	de Comberousse, Contamin et Cossmann.
Dulau,	—	Durupt, Hersent et de Nansouty.
Ferrand,	—	Reymond, Vallot et Vigreux.
Peyrouton,	—	Carimantrand, Lévi et Mallet.
Retter,	—	Durupt, Dothée et Escande.
Schild,	—	Brüll, Farcot J. et Farcot P.
Vernaudon,	—	Durupt, Richou et Thareau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1887

Séance du 1 Mars 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRULL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. DE DAX présente une observation sur la lettre de M. Colladon, insérée au procès-verbal de la séance du 18 février dernier, relative à la destruction, par la foudre, d'une haute cheminée d'usine à Fécamp.

M. Colladon expose dans cette lettre, qu'il est nécessaire « de munir les cheminées d'usines à gaz de paratonnerres pourvus de puissants conducteurs d'électricité ».

M. DE DAX fait remarquer que ce n'est pas la cheminée de l'usine à gaz, mais celle des ateliers de Fécamp, qui a été détruite par la foudre, le 9 janvier dernier. Cette dernière n'était pas placée dans les conditions supposées par M. Colladon : elle n'était pas située dans un endroit bas et humide ; il n'existait auprès d'elle aucune masse métallique, aucun amas de charbon, l'usine brûlant les déchets provenant du travail du bois. Il est probable que l'accident est dû au phénomène exceptionnel que l'on appelle le tonnerre en boule : quelqu'un a remarqué, peu de temps avant le coup de foudre, un gros nuage noir planant au-dessus de l'usine, et plusieurs personnes ont vu une boule de feu sortir de ce nuage et entrer dans la cheminée, à l'intérieur de laquelle elle a probablement fait explosion, ce qui explique les projections violentes qui se sont produites.

M. DE DAX se demande si, dans ces conditions, un paratonnerre eût été absolument efficace pour protéger cette cheminée.

Le procès-verbal de la séance du 18 février est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il y a aujourd'hui trente-neuf ans que la Société des Ingénieurs civils a été fondée sur des bases jetées par six anciens élèves de l'École Centrale. Un seul d'entre eux survit aujourd'hui; la Société lui adresse l'expression de sa reconnaissance. Malheureusement M. Camille Laurens est en ce moment retenu chez lui par une indisposition.

La Société peut se féliciter, à juste titre, du chemin qu'elle a parcouru : elle a organisé le corps des Ingénieurs civils; elle a fait apprécier l'importance des services qu'ils rendent chaque jour ; elle a donné la mesure de leur dévouement à la Patrie.

Aujourd'hui, elle compte plus de 2,100 membres, tous sur le pied d'une parfaite égalité, et ne reconnaissant d'autre hiérarchie que celle qu'ils consacrent eux-mêmes chaque année.

L'avenir peut être envisagé sans crainte : on peut espérer que la Société, actuellement fort à l'étroit chez elle, parviendra à se créer un hôtel plus vaste. Elle augmentera encore l'activité et l'éclat de ses travaux, et par sa bonne renommée attirera à elle de nouveaux membres. C'est grâce à l'augmentation de ses ressources qu'elle parviendra à la réalisation de ce difficile projet.

C'est aujourd'hui qu'aurait dû être fêté l'anniversaire de la fondation, mais la Société, se refusant à donner le pas au plaisir sur le travail, a voulu tenir sa séance ordinaire et a remis le banquet à demain.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que le nombre des adhésions à cette fête n'est que de quatre-vingt-cinq, et invite ceux de nos collègues qui ne sont pas encore inscrits à faire ajouter leurs noms sur la liste ouverte au secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT soumet ensuite à l'Assemblée la proposition suivante, au nom du Comité :

« Le Comité vous propose de commencer la quarantième année » d'existence de notre Société par une bonne œuvre pour laquelle il » m'a chargé de solliciter votre concours.

» Une terrible catastrophe, qui rappelle les deux désastres du puits » Jabin en 1871 et 1876, vient de frapper la population des mines » de Saint-Etienne. Une explosion de grisou suivie d'incendie a eu » lieu le 1er mars, à neuf heures, dans le puits Culat des mines de » Beaubrun. Le nombre des victimes dépasse quatre-vingts. Les se- » cours ont été puissamment organisés, le dévouement des mineurs » et de leurs chefs, les encouragements des autorités ne se sont pas » fait attendre un instant et ne se sont pas ralentis depuis le moment » même de l'accident. Mais l'importance des éboulements et le déve- » loppement de l'incendie font craindre que tous ces efforts ne restent » à peu près impuissants. Le gouffre ne rendra pas sa proie.

» Voilà bien des familles dans la désolation. Il s'agit de leur épar-

» gner du moins la misère. Déjà les secours d'argent arrivent à » Saint-Etienne. Mais les besoins sont pressants. Chacun de nous » voudra venir en aide à ces malheureux et prouver sa sympathie » pour les ouvriers mineurs si cruellement éprouvés.

» Il sera donc ouvert au secrétariat de la Société une liste de sous- » cription pour les victimes du coup de grisou du 1er mars, et nous » vous prions de vous y faire inscrire.

» Et comme en matière de secours, la rapidité importe autant que » la générosité, le Comité a décidé qu'une somme de 500 francs, pro- » visoirement prélevée sur les fonds de la Société, serait de suite » envoyée à M. Reymond, notre collègue, député de la Loire, qui » s'est rendu avant-hier à Saint-Etienne. Cette somme formerait, » nous l'espérons, votre premier don et l'excédent sur 500 francs de » la souscription serait envoyé ultérieurement. »

M. Périssé qui a visité, il y a quelques jours, les travaux de construction des bâtiments dans lesquels doit s'ouvrir, le 15 mai prochain, l'Exposition de Toulouse, pour être close le 15 octobre, donne sur cette Exposition une série de renseignements.

C'est sous le haut patronage de l'État que la Ville de Toulouse organise cette Exposition appelée à recevoir les œuvres d'art, les produits de l'industrie, de l'agriculture et de l'horticulture, non seulement de la France et de ses colonies, mais aussi ceux qui proviennent des pays limitrophes de race latine : l'Espagne, le Portugal et l'Italie.

Il y a un mois, M. le Ministre des Affaires étrangères de France a fait connaître, par une dépêche adressée à M. le Maire de Toulouse, que pour satisfaire au désir qu'il lui a exprimé, il avait prié les représentants de la République, à Madrid, à Rome et à Libourne, de porter cette Exposition à la connaissance des Gouvernements près desquels ils sont accrédités, afin qu'il y soit donné toute la publicité nécessaire.

La partie industrielle de cette Exposition occupera les allées Saint-Étienne sur lesquelles s'élève en ce moment un bâtiment de 400 mètres de longueur, sur 40 mètres de largeur en trois travées : l'une centrale de 18 à 20 mètres de largeur, et 18 mètres de hauteur ; les deux autres latérales, ont une largeur de 10 à 11 mètres. Ce bâtiment était presque entièrement couvert, il y a quinze jours, et on procédait au montage de l'ossature en charpente de deux tours polychromes flanquant l'entrée principale, et qui n'auront pas moins de 35 à 40 mètres de hauteur.

La promenade, dite le Grand-Rond, fera partie de l'Exposition, et elle contiendra le kiosque de l'orchestre renommé que possède Toulouse, cette ville dont la réputation artistique n'est plus à établir. L'Exposition des Beaux-Arts sera installée dans les bâtiments nouvellement construits destinés à la Faculté des Sciences et en communication avec le Jardin botanique qui sera le parc de l'Exposition. A cet effet, une passerelle sera jetée sur l'allée séparative.

Un des attraits principaux de ce concours sera certainement l'Exposition pyrénéenne qui fera connaître la géographie, l'histoire, l'ethnographie et l'histoire naturelle des deux versants des Pyrénées, si riches en sites pittoresques et en minéraux, marbres, eaux minérales, etc.

La Ville fait exécuter un plan en relief au 40/000 de toute la chaîne des Pyrénées, depuis l'Océan jusqu'à la Méditerranée. M. Périssé a pu constater que cette œuvre est très avancée, qu'elle est faite avec un soin remarquable et une exactitude pour ainsi dire, mathématique, à cela près, toutefois, que l'échelle des hauteurs a été prise un peu plus grande que celle des dimensions en plan.

L'Association française pour l'avancement des sciences tiendra sa 16e session annuelle cette année à Toulouse, au moment de l'Exposition.

M. Périssé a cru devoir donner ces détails à la Société, dont le Président fait partie du Comité d'honneur de l'Exposition. Plusieurs de ses membres, d'ailleurs, ont déjà manifesté l'intention d'y figurer comme exposants; plusieurs d'entre eux, principalement ceux qui habitent le Midi, seront appelés à donner leur concours dans les Jurys de récompenses.

Ils répondront certainement à l'appel de la Ville de Toulouse, comme ils l'ont déjà fait pour les Expositions internationales organisées par l'État.

L'ordre du jour appelle la communication par M. Périssé, du mémoire de M. Huet sur *le Laurium en 1885*.

M. Périssé rappelle qu'en 1879 M. Huet présenta un premier mémoire sur le Laurium en 1878, qui obtint la médaille d'or en 1880. Le nouveau mémoire que M. Huet remet aujourd'hui à la Société, et que la maladie l'empêche de communiquer lui-même, est la suite, le complément du premier.

Il rappelle également que ce sont M. Huet et notre regretté collègue Geyler qui ont créé les mines du Laurium.

En 1878, M. Huet exposait que le terrain du Laurium est composé de cinq couches, — trois de calcaire marmoréen alternant avec deux de schiste, — et signalait que c'est au troisième contact offert par le calcaire inférieur au mur et le schiste inférieur au toit que se trouvent les gisements les plus riches. Les dernières recherches ont fait perdre l'espoir de trouver un quatrième contact.

De 1882 à 1885, on a découvert au Laurium des richesses considérables en galène argentifère, calamine et minerai de fer.

Le mémoire actuel de M. Huet, ajoute M. Périssé, est extrêmement remarquable; c'est un travail d'ensemble ayant un caractère tout à fait particulier et contenant des documents géologiques très précieux. Il a pris la nature sur le vif et il nous la présente avec toutes ses manifestations plus ou moins expliquées.

Dans ce travail, M. Huet rappelle d'abord l'allure générale du Laurium; il étudie ensuite les minéraux qu'il y a rencontrés et confirme, par la coupe d'un nouveau puits, les indications déjà contenues dans son mémoire de 1878.

Il divise le Laurium en quatre zones minérales :

1° Celle du Nord contient du fer manganésé et du plomb argentifère. C'est la zone ferrugineuse.

2° La zone centrale est la plus riche en calamine et en plomb argentifère ; elle a déjà été explorée par les anciens; il y a lieu de remarquer qu'environ 500 ans avant Jésus-Christ, ceux-ci l'ont exploitée d'une manière très intelligente; ils se sont toujours arrêtés là où il convenait : lorsque actuellement on pousse plus loin qu'eux dans une direction qu'ils ont abandonnée, on ne trouve plus rien ; il faut donc leur reconnaître un esprit de méthode que l'on ne leur prête généralement pas. Les anciens laissaient de côté la calamine qu'ils considéraient comme une pierre stérile, n'en connaissant pas la composition ; la Compagnie française du Laurium trouve à glaner avec fruit dans les mines exploitées dans l'antiquité, mais elle a mis à découvert des régions vierges qui promettent pour l'avenir de puissantes réserves.

3° La zone de Mercati fait le désespoir des mineurs, car ses couches trop régulières et de trop faible puissance ne présentent pas de poches.

4° La zone du Sud, qui n'est encore qu'explorée, est très riche en plomb ferreux et en calamine; c'est là que se trouve le trou de Kitzos, sur lequel il n'a pas été fait de recherches de nature à en déterminer l'origine et le rôle. Il y a entre la 2e et la 4e zone une pénétration intime. La zone du Sud est très probablement appelée à jouer un grand rôle dans l'avenir du Laurium.

M. Huet examine successiment chaque contact; il donne, particulièrement sur le troisième des détails minutieux accompagnés de coupes très intéressantes. Il achève son travail par l'étude des relations entre les filons euritiques et les griffons calaminaires dont la richesse est considérable.

M. Périssé termine son analyse par la lecture des pages que M. Huet a consacrées à la récapitulation des points principaux de son mémoire.

M. le Président remercie M. Périssé d'avoir bien voulu se charger de donner communication du mémoire de M. Huet. Il adresse à l'auteur les remerciements de la Société, ainsi que ses vœux pour le rétablissement rapide de ce sympathique collègue. Il rappelle que M. Huet fut admis l'un des premiers à la Société en 1848.

Le mémoire qui vient d'être analysé, forme avec celui de 1878 un véritable monument; ces mémoires sont le fruit de beaucoup de travail et de beaucoup de sagacité. Il est rare qu'un gisement ait été étudié

d'une manière aussi approfondie; une pareille étude est extrêmement utile, en ce sens que la connaissance des habitudes des gisements en facilite grandement l'exploitation fructueuse.

Le travail de M. Huet intéresse la Société des Ingénieurs Civils, non seulement au point de vue technique, mais encore au point de vue financier, puisque, par la générosité de Geyler et de Mme Fusco sa sœur, la Société se trouve propriétaire d'actions de la Compagnie des mines du Laurium.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. Cossmann, à qui il donne la parole, a bien voulu, sur sa demande et sur celle de M. Contamin, entreprendre une étude sur le *service des trains-tramways organisé par la Compagnie du chemin de fer du Nord*; il ajoute qu'il pense que la Société accueillera favorablement cette communication ainsi que celle de M. Cerbelaud qui porte également sur la question des trains-tramways et fera suite à l'étude de M. Cossmann.

M. COSSMANN dit que la question des trains-tramways rappelle un peu la fable des bâtons flottant sur l'onde; que de loin cela paraît considérable, mais qu'il craint qu'examinée de près, cette question ne paraisse bien peu de chose, quoiqu'on en parle beaucoup en ce moment *(voir le Mémoire, page 415)*.

M. CERBELAUD dit qu'après M. Cossmann, qui vient de traiter d'une manière si complète la question des trains-tramways en France, il se propose de passer rapidement en revue ce qui a été fait à l'étranger dans le même ordre d'idées. Il examinera successivement l'organisation des trains-tramways en Autriche, en Allemagne, en Belgique et en Italie *(voir le Mémoire, page 448)*.

M. de NORDLING rappelle que, depuis que les frères Pereire ont acheté certaines lignes construites par l'État autrichien, l'expression « chemins de fer de l'État » désigne à la fois les lignes ainsi cédées et celles exploitées actuellement par le Gouvernement; de là résulte fréquemment une confusion regrettable. Ce qui vient d'être dit par M. Cerbelaud s'applique aux premières.

Le service des trains-tramways a été établi par le Gouvernement autrichien, sur ses propres lignes, il y a une dizaine d'années. Voici la pensée qui le guida. Pour développer tant soit peu le trafic local des voyageurs, il faut au moins 3 ou 4 départs par jour. Mais quand, de cette façon, on arrive à n'avoir plus que 8 ou 12 voyageurs par train, ou moins encore, la mise en mouvement de l'immense poids mort d'un train ordinaire est contraire au bon sens; l'usure des rails et des bandages et les frais de toute nature mangent la recette et au delà. Pour un si faible trafic un omnibus suffit; pourquoi n'en mettrait-on pas en mouvement sur les rails? C'est là la pensée certainement fort juste, qui a inspiré le wagon Rowan, véhicule unique à quatre

roues, dont deux pour la partie correspondant à la machine, et deux pour la partie formant wagon. Ces deux parties pouvaient se séparer mais sans grande utilité pratique, puisque ni la locomotive proprement dite, ni le wagon (n'ayant que 2 roues chacun) ne pouvaient être ni utilisés, ni même déplacés séparément, sans secours artificiel.

On reconnut bientôt que ce système était défectueux, et on donna quatre roues à la locomotive, et autant au wagon. N'ayant qu'un seul véhicule à traîner, on choisit une locomotive légère : la locomotive de tramways, du système Krauss (Munich).

M. de NORDLING ajoute qu'il ne faut pas dire que le Gouvernement ait réglementé le service des trains-tramways : le Gouvernement s'est en effet contenté d'approuver purement et simplement ce que chaque Compagnie proposait, toutes les fois qu'il ne pouvait en résulter de dangers pour les voyageurs; il a pensé qu'il convenait de laisser le plus de latitude possible aux Compagnies, afin qu'elles pussent se livrer à des essais qui montreraient la meilleure voie à suivre dans l'avenir.

M. de NORDLING ne saurait approuver l'emploi régulier d'une locomotive ordinaire pour traîner un seul wagon; il regarde comme absolument illogique de faire remorquer un poids aussi minime par un de ces puissants « hippopotames » que tout le monde connaît.

M. GAZAN présente une observation qui rentre dans ce que vient de dire M. de Nordling : les locomotives Stephenson employées par la Compagnie du Nord pour les trains-tramways ne sont-elles pas beaucoup trop fortes, et ne vaudrait-il pas mieux créer des machines spéciales, mieux proportionnées à la charge à traîner? En outre, ne pourrait-on, avec avantage atteler deux véhicules?

M. COSSMANN répond qu'on a voulu que les locomotives des trains-tramways pussent être employées pour les trains légers et que ceux-ci étant susceptibles de se transformer d'un moment à l'autre en trains ordinaires, il était dès lors nécessaire d'employer des moteurs capables de traîner ces derniers. Il cite l'exemple de certains trains de banlieue qui partent de Paris comme trains ordinaires et qui se transforment à Pontoise en trains légers, par l'abandon de plusieurs wagons et des fourgons.

Il faut encore ajouter que la puissance des locomotives Stephenson transformées n'est pas aussi exagérée qu'on pourrait le croire *a priori* relativement à la résistance des trains-tramways, puisque l'effort de traction de ces machines n'est guère supérieur à trois tonnes; et qu'enfin, au point de vue de l'économie générale, au point de vue du roulement qui doit forcément s'établir entre les machines, il a été reconnu indispensable de conserver pour les trains-tramways des locomotives pouvant remorquer au besoin des trains ordinaires.

M. CARIMANTRAND ajoute à la série des lignes qui ont été énumérées

comme parcourues par des trains-tramways, la ligne de Bayonne à Biarritz, sur laquelle, depuis dix ans déjà, circulent des trains composés d'une locomotive tender et de quatre voitures; ces trains ne comportent pas de fourgon, mais un compartiment de chacune des voitures de tête et de queue est affecté aux bagages.

M. Cossmann répond qu'il n'ignorait pas cette application dont il est fait mention dans son mémoire, mais qu'il a omis de citer verbalement.

M. Cerbelaud cite, — à l'appui de ce que vient de dire M. Cossmann au sujet de l'observation formulée par MM. de Nordling et Gazan, — les résultats d'expériences faites récemment sur plusieurs réseaux. On a reconnu qu'il convenait d'éviter de trop réduire la puissance des machines ; les jours d'affluence, les locomotives trop faibles s'essoufflent, fonctionnent mal, et par suite sont fort coûteuses. Il est évident, d'autre part, qu'une locomotive de force exagérée donnerait également une mauvaise utilisation.

Les trains-tramways pouvant, en cours de route, être transformés en trains légers de 6 voitures, il convient de les remorquer par des machines d'environ 15 à 20 tonnes.

D'un autre côté, la tendance des Compagnies est actuellement d'utiliser le vieux matériel déjà amorti, ce qui réalise encore une économie : c'est ainsi que la Compagnie du Nord emploie les anciennes locomotives Stephenson qui étaient à peu près inutilisées dans les dépôts, et les vieilles voitures reprises à la Compagnie Philippart.

M. de Nordling dit que la ligne autrichienne dont il a parlé avait un trafic très régulier pendant toute la semaine ; il n'y avait d'affluence que le dimanche; on a jugé, dans ces conditions. qu'il valait mieux employer des machines légères, remorquant une seule voiture et donnant toute satisfaction pendant la semaine, quitte à doubler, le dimanche, le nombre des voyages.

M. Charton pense que les Compagnies qui cherchent aujourd'hui à réaliser des économies puiseront des renseignements utiles dans les communications qui viennent d'être faites.

M. le Président remercie MM. Cossmann et Cerbelaud, ainsi que tous les membres qui ont pris part à la discussion; il remercie également M. Clermont qui a bien voulu donner des renseignements sur les tramways et trains-tramways en Belgique.

M. le Président exprime le vœu que le mode d'exploitation économique par trains-tramways se développe en France, et que le Gouvernement, animé d'un esprit libéral, accorde aux Compagnies les autorisations nécessaires.

MM. Bouillard, Ferrand, Schild et Vernaudon ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures et demie.

Séance du 18 Mars 1887.

PRÉSIDENCE DE M. BRULL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu une lettre par laquelle M. Sévérac, après avoir exprimé le regret de n'avoir pu assister à la dernière séance, dit que le problème de l'exploitation économique des chemins de fer aurait été résolu dès 1869, si l'administration avait consenti à autoriser une dérogation aux règlements existants. A cette époque, en effet, MM. Robert et Sévérac ont demandé l'autorisation de construire et de mettre en circulation sur la ligne de Vitré à Fougères, une voiture à vapeur. Leur demande, ajoute M. Sévérac, a été repoussée par le contrôle qui, considérant ce genre de voiture comme dangereux pour les voyageurs, s'est retranché derrière l'ordonnance du 15 novembre 1846.

M. GAZAN craint que le procès-verbal de la séance du 4 mars ne donne lieu à une interprétation erronée de son observation relative au matériel des trains-tramways. On y trouve la phrase suivante : « En outre, ne pourrait-on avec avantage atteler deux véhicules ? »

M. Gazan n'a pas voulu demander si, avec la machine Stephenson, pesant 30 tonnes, on ne pourrait pas atteler deux véhicules. Ce ne serait encore qu'une mauvaise utilisation, l'effort de traction de cette machine, qui est de 3,000 kilogrammes, lui permettant de remorquer une dizaine de voitures. Il a posé la question de savoir si, avec la machine spéciale de 15 à 20 tonnes, *à consommation réduite*, dont il a réclamé la création, il n'y aurait pas lieu de demander à l'administration supérieure d'étendre à deux voitures, au lieu d'une seule, l'autorisation de supprimer le chauffeur, extension qui serait, croit-il, très intéressante pour les Compagnies françaises. Cette autorisation a été accordée en Autriche, et même pour trois voitures.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le banquet annuel de la Société, qui a eu lieu le 5 mars, a réuni 93 convives. Une grande animation et une vive cordialité ont régné pendant cette fête. Des toasts ont été portés selon l'usage ; M. le Président a prononcé une allocution, puis se sont succédé les toasts de M. Molinos, ancien président, de M. Noblot, vice-président, et celui de M. Loustau, suivi d'une réponse de M. Bertrand de Fontviolant. Enfin, M. Poirrier, président de la Chambre de commerce, a bien voulu rappeler la décision prise, dans la dernière séance, au sujet de la catastrophe des mines de Beaubrun, et engager nos collègues à souscrire à l'issue du banquet. Une collecte a eu

lieu aussitôt, dont le produit, s'élevant à 700 francs, a été envoyé à notre collègue, M. Reymond, député de la Loire, qui s'est chargé de remettre cette somme au préfet du département. La souscription a déjà réuni, en plus, une somme de 1,000 francs, qui a été envoyée aujourd'hui même.

M. le Préfet de la Loire a adressé à M. Reymond la lettre de remerciements suivante :

« Monsieur le Député,

» J'ai l'honneur de vous accuser réception des 700 francs que vous avez bien voulu m'adresser de la part de la Société des Ingénieurs civils de France, pour les familles des victimes de l'explosion du feu grisou qui a eu lieu au puits Chatelus.

». Au nom de ces malheureux, je vous remercie, Monsieur le Député, et je vous prie de transmettre mes remerciements à MM. les Membres de la Société des Ingénieurs civils de France. Je puis vous assurer que les familles des victimes de cette catastrophe seront particulièrement touchées de la marque de sympathie que leur donnent, en cette circonstance, MM. les Ingénieurs civils.

» Veuillez agréer, Monsieur le Député, l'assurance de mes sentiments dévoués.

» Le Préfet de la Loire,

» BARGETON. »

La souscription reste encore ouverte, et ceux de nos collègues qui voudront bien s'y faire inscrire seront les bienvenus.

Avant de donner la parole à M. Bernard pour sa communication sur les *voies métalliques*, M. LE PRÉSIDENT dit que, depuis la dernière discussion sur ce sujet, la Société a reçu deux notices, avec dessins à l'appui, relatives à deux genres de traverses en fer :

La première, de MM. Broyet et Delord, concerne une traverse de leur système, pesant 80 kilos environ ; cette traverse repose sur le ballast sur sa partie plate, afin de faciliter le bourrage ;

La seconde, remise par M. Delfosse, membre de la Société, décrit la traverse du système Paulet, qui a été essayée, en mars 1884, sur le chemin de fer de Niort à Montreuil-Bellay.

Ces documents sont déposés à la bibliothèque, où les Ingénieurs que la question intéresse, pourront en prendre connaissance.

M. BERNARD dit que le problème de la voie métallique, posé depuis longtemps, est cependant loin d'être résolu. Jusqu'à présent, on s'est contenté de faire des essais pratiques sans se guider suffisamment par le raisonnement. On ne s'est préoccupé ni des conditions de résistance de ces traverses, ni des dépenses auxquelles donnerait lieu leur entretien, ni des modifications avantageuses que la substitution du métal au bois peut permettre d'apporter à la forme du rail et à l'espacement des traverses.

L'administration des chemins de fer de l'État belge a fait de nombreux essais que M. Bernard a suivis avec une grande attention et qui l'ont conduit à une théorie qu'il expose et dont il a déjà publié les éléments dans trois brochures, datées de 1883 et de 1886, et dont un exemplaire est déposé aux archives de la Société (1).

En conclusion M. Bernard propose la solution suivante du problème de la voie métallique :

1° Créer une traverse solide, capable de faire un service de 20 à 25 ans.

2° Donner à cette traverse une grande surface d'appui sur le ballast, afin de réduire les dépenses d'entretien.

3° Surhausser le rail afin d'en accroître la résistance et de pouvoir augmenter l'espacement des traverses.

On obtiendrait ainsi, ajoute-t-il, une voie dont le prix d'établissement ne serait pas plus élevé que celui de la voie sur traverses en bois, et dont l'entretien coûterait moins cher, ainsi qu'il vient de l'exposer.

M. le Président remercie, au nom de la Société, M. Bernard d'avoir bien voulu venir de sa résidence de Namur, faire cette communication dont il a adressé, depuis longtemps déjà, le manuscrit. Il invite ceux de nos collègues que la question intéresse à se faire inscrire pour prendre part à une discussion qui pourra être ouverte prochainement sur cette importante matière.

L'ordre du jour appelle la discussion sur le mémoire de M. de Nordling, intitulé : *Le prix de revient des transports par chemin de fer et la question des voies navigables en France, en Prusse et en Autriche.*

La parole est à M. Pontzen.

M. Pontzen, après avoir rendu hommage à l'intérêt que présente la communication faite, le 3 décembre dernier, par M. de Nordling, que le Bulletin de la Société vient de publier, déclare qu'il n'envisage nullement les voies navigables comme les ennemies des voies ferrées.

Les voies navigables ne présentent pas, comme les chemins de fer, l'avantage de la continuité, de la régularité et de la célérité des transports ; elles présentent, par contre, sur les chemins de fer, la supériorité de desservir tous les points qui se trouvent sur leur parcours, elles sont accessibles à tout le monde et n'engendrent pas la nécessité d'un monopole presque absolu, enfin elles permettent d'effectuer les transports à des prix moindres.

Ces deux moyens de transport doivent être considérés comme des auxiliaires réciproques, s'adressant à des clientèles différentes et rendant tous deux de grands services au public.

Les chemins de fer ne réaliseraient pas de bénéfices sur le trafic qu'ils voudraient enlever aux voies navigables.

En citant de nombreux exemples, M. Pontzen démontre l'effet utile

(1) Le Mémoire de M. Bernard sera imprimé dans le Bulletin mensuel.

produit par les voies navigables sur les tarifs perçus par les chemins de fer, lesquels, aiguillonnés par le bon marché des transports par eau, se sont d'autant plus appliqués à réduire les frais d'exploitation.

M. Pontzen donne des renseignements sur le partage des transports de marchandises pauvres entre les chemins de fer et les voies navigables et démontre que, même après la suppression des péages sur les canaux, l'avantage de la réduction des tarifs des chemins de fer, résultant de la coexistence des voies navigables et des voies ferrées, justifie les dépenses faites pour la création ou l'amélioration de la navigation intérieure.

M. Pontzen combat la proposition d'accorder de préférence aux chemins de fer des subventions, pour les mettre à même de baisser certains tarifs, plutôt que d'engager des capitaux dans la construction de canaux, et il démontre qu'il est inadmissible d'appliquer sur les chemins de fer, à partir d'un certain trafic, des tarifs basés sur le supplément des frais d'exploitation, avec exclusion de la quote-part des intérêts et de l'amortissement des capitaux engagés.

Après avoir analysé les prix de revient du transport par chemins de fer et par voies navigables, en s'attachant à citer de nombreux exemples, M. Pontzen dit qu'il croit avoir démontré, qu'à égalité de trafic, les transports pourront s'effectuer à un prix moindre par voies navigables que par voies ferrées, mais déclare ne pas vouloir tirer des conclusions générales. A son avis, il faut examiner dans chaque cas le genre de voie de communication qui répond le mieux aux conditions particulières (1).

M. Fleury place en tête des observations qu'il va présenter, l'aphorisme de M. de Nordling : « Nos vérités ne sont que relatives. En pratique rien d'absolu ! » Chaque cas particulier réclame en effet une solution particulière, et personne, ni M. de Nordling, ni M. Pontzen, ne peut admettre que l'on pose dans toute sa généralité la question de la supériorité des chemins de fer sur les voies navigables ou inversement.

M. de Nordling a protesté avec chaleur contre l'accusation d'être un adversaire de parti pris. Il est hors de doute qu'un ingénieur qui, dans sa carrière, a si souvent fait preuve d'un esprit supérieur, ne peut être accessible qu'à des sentiments dictés par l'expérience et par une haute impartialité. Tout au plus le passé de M. de Nordling a-t-il pu le disposer à une certaine tendresse pour les chemins de fer qui ont été la principale occupation de sa vie.

M. de Nordling rappelle qu'au début de sa carrière il a été au service de l'Etat pour la construction du canal de Meaux à Chalifert.

M. Fleury poursuit en citant le passage suivant du mémoire de M. de Nordling : « Au dire des partisans des voies navigables, le prix

(1) Les communications de MM. Pontzen et Fleury seront insérées *in extenso* dans le bulletin du mois d'avril.

» des transports par eau serait notablement inférieur à celui des trans-
» ports par chemin de fer. C'est là leur principal argument, et il serait
» décisif s'il était fondé. »

M. de Nordling, dit M. Fleury, a donc pour objectif de démontrer que cet argument n'est pas fondé ; il compare, à cet effet, les deux prix de transport en question. Pour l'évaluation des prix de transport par chemin de fer, M. de Nordling met en lumière sa conception nouvelle et originale de « *la tonne en plus* » ; il considère l'exploitation du chemin de fer au moment où elle est menacée par la création d'un canal qui détournerait une partie du trafic. Ce trafic est de T tonnes, par exemple, tandis que la partie des frais d'exploitation y relatifs s'élève à D francs ; le prix de transport de la tonne kilométrique est alors $\frac{D}{T}$; mais D se compose de deux parties : l'une F, constante avec le trafic, et l'autre V, variable avec chaque opération de transport ; de sorte que $D = F + V$. Au moment considéré les dépenses F sont couvertes par le tonnage existant T, de sorte, dit M. de Nordling, qu'il suffit d'appliquer à chaque tonne qui se présenterait alors en plus, le quotient $\frac{V}{T}$ comme prix de revient du transport de ladite tonne.

Est-ce bien là le prix de revient réel à opposer à celui du transport par eau ?

On conçoit certainement qu'un négociant, qu'un industriel, qui a couvert ses frais généraux dans les premiers mois de l'année, puisse, dans certaines circonstances, livrer, à la fin de l'exercice, ses marchandises ou ses produits à un prix voisin du prix de fabrication ; ou que, dans la même hypothèse, un batelier effectue quelques transports à prix réduit, plutôt que de n'en faire aucun. Mais un chemin de fer peut-il opérer de même et dire : lorsque j'aurai transporté T tonnes, je ne prendrai plus, par tonne, que la fraction $\frac{V}{T}$ du prix $\frac{D}{T}$, fraction qui peut s'abaisser, ainsi que l'établit M. de Nordling par ses calculs, à 50 ou 60 0/0 de $\frac{D}{T}$?

M. Pontzen vient de répondre à cette question ; il a montré que le prix de *la tonne en plus* n'avait que le caractère d'une indication, d'un simple renseignement, mais n'était pas un prix de revient réel, pouvant servir de base pour la fixation d'un tarif.

D'ailleurs, M. de Nordling y a également répondu lui-même, lorsqu'il a dit, dans son mémoire, au sujet des 300,000 tonnes de grains que le Rhin amène par an à Manheim : « Il est très probable que le chemin de fer pour-
» rait attirer à lui la totalité ou la presque totalité des transports de
» grains, au moyen d'un tarif spécial qui lui laisserait encore un petit bé-
» néfice sur chaque tonne enlevée au Rhin. Mais — et c'est là la difficulté !

» — ce même tarif spécial ne s'appliquerait pas seulement aux 300,000 » tonnes à enlever au Rhin, mais encore aux 400,000 que le chemin » de fer transporte déjà et qui, elles aussi, profiteraient de l'abaisse- » ment de taxe résultant du tarif spécial. Le bénéfice à faire sur les » 300,000 tonnes nouvelles se trouvera donc plus ou moins compensé » par la diminution de recette sur les 400,000 tonnes anciennes. Il est » même possible que, en fin de compte, l'opération se solde par une » perte. »

M. Fleury conclut, en conséquence, avec M. Pontzen, que cette notion de *la tonne en plus* ne peut pas avoir d'application dans l'exploitation commerciale des chemins de fer, ne peut pas servir à la comparaison des prix de transport par eau et par chemin de fer, et qu'enfin il convient de s'en tenir au prix moyen.

De plus, une semblable comparaison ne peut être faite, — et M. Fleury insiste sur ce point, — qu'entre canaux et chemins de fer placés dans des conditions à peu près équivalentes comme développement kilométrique et comme tonnage. Ainsi, le prix de transport sur le canal de l'Est, achevé d'hier et dont l'organisation est encore dans la période de tâtonnement, ne peut être mis en parallèle avec celui de *la tonne en plus* sur des lignes de chemin de fer en pleine activité. Cette comparaison n'aurait pas plus de valeur que celle portant, par exemple, sur la navigation de Paris à Mons et sur un chemin de fer à faible trafic.

M. Fleury fait, en particulier, remarquer que le canal de l'Est est à ses débuts et qu'on doit, en bonne justice, lui laisser le temps de se développer.

M. Fleury exprime l'avis que si l'on se borne à ne comparer que des canaux et des chemins de fer placés dans des conditions telles que ce rapprochement soit judicieux, on arrivera, comme M. Pontzen, à cette conclusion que le chemin de fer est l'instrument à employer toutes les fois que le transport doit être rapide, ou que les marchandises sont fractionnées, mais qu'en dehors de ces cas, le canal peut rendre des services économiques très sérieux. Les voies navigables présentent encore, dans certains cas, l'avantage d'un moindre encombrement, et M. Fleury rappelle ce qui s'est passé en 1870, pour le ravitaillement de Paris. L'exposé des motifs de la loi de 1879, qui a classé les voies navigables, a, d'une façon magistrale et avec une grande hauteur de vues, fait ressortir les mérites respectifs de ces deux moyens de transport.

M. Fleury signale ensuite que près de la moitié des cours d'eau, classés comme navigables, ne sont navigables que de nom ; que, sur le reste, mille circonstances créent à la navigation les plus grandes difficultés, et qu'enfin la navigation elle-même est lente à profiter des améliorations réalisées ; il cite, comme exemple, la Seine dont le tirant d'eau actuel de trois mètres n'est pas, ou presque pas utilisé.

Aussi, dit M. Fleury, ne faut-il pas condamner les canaux de suite,

dès leur naissance, par une comparaison écrasante avec les chemins de fer qui, au jour de la réception, sont tout armés pour la lutte.

Cela ne veut pas dire qu'il faille construire des canaux ou des chemins de fer partout, que tous les projets doivent être accueillis. Actuellement, il suffit que l'on perfectionne et que l'on achève ceux qui existent, pour leur faire rendre tout ce qu'ils peuvent rendre.

Il en sera de même en Autriche lorsque la navigation du Danube sera assurée du tirant d'eau normal de $2^{m},00$, qui lui est promis.

M. Fleury doute que ce soit un désavantage pour le Danube d'aboutir dans la mer Noire que M. de Nordling considère comme un cul-de-sac ; en tout cas, ce cul-de-sac attire bien souvent les regards de l'Europe, et il est certain que les produits amenés par le grand fleuve trouveraient bien moyen d'en sortir pour se rendre sur les marchés occidentaux.

M. de Nordling a signalé, en Autriche-Hongrie, la création des canaux comme due à une spéculation hasardeuse. M. Fleury se demande si ce n'est pas l'élévation des tarifs des chemins de fer austro-hongrois, qui conduit à l'élaboration de tous ces projets de voies navigables en Autriche.

M. Fleury rappelle la comparaison faite quelque part par M. Level entre une humble péniche et la locomotive s'élançant triomphante sur un viaduc hardiment jeté. En évoquant cette image, M. Level avait peut-être la pensée que *ceci allait tuer cela*. M. Fleury n'est pas de cet avis ; il croit, au contraire, que tous deux peuvent vivre et aider, par les moyens propres à chacun, à la facilité des échanges et à l'accroissement de la richesse.

M. le Président remercie, au nom de l'Assemblée, MM. Pontzen et Fleury de leurs très intéressantes observations ; la suite de la discussion est remise à la prochaine séance, où il sera donné communication d'un travail de M. Roy, portant sur les canaux et sur les chemins de fer, et où seront entendues les réponses de M. de Nordling aux arguments qui viennent d'être donnés pour la défense des voies navigables.

Parmi les ouvrages que la Société a reçus et qui méritent d'être signalés, se trouve une brochure de M. Agostini. C'est une description du Canada, où l'on trouve la preuve de l'affection que ce pays a conservée pour la France, et l'expression du désir que les Canadiens éprouvent de resserrer les liens qui les unissent à la France. M. Agostini, servant en cela les aspirations du Canada, a mis cent exemplaires de sa brochure à la disposition de ceux de nos collègues qui voudraient la consulter ; il en offre même davantage pour le cas où ce nombre serait insuffisant.

MM. Dulau, Peyrouton et Retter ont été reçus membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures un quart.

COMPTE RENDU

DU

BANQUET COMMÉMORATIF DU 39E ANNIVERSAIRE

DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ

TOAST DE M. BRULL, PRÉSIDENT.

Messieurs et chers Collègues,

Nous célébrons pour la cinquième fois l'anniversaire de la fondation de notre Société. Et déjà, celui qui nous a le premier conviés à ces fêtes amicales n'est plus avec nous pour y prendre part. Ernest Marché, notre bien-aimé président de 1883, a été enlevé prématurément à sa famille et à notre affection. Nous garderons intact, avec la collection de ses importants travaux, le souvenir de ses grandes qualités, et chaque année, au milieu des plaisirs, nous payerons à sa mémoire le juste tribut d'un cordial remerciement.

La Société des Ingénieurs Civils est entrée hier dans sa quarantième année. C'est hier qu'en bonne règle se présentait ce trente-neuvième anniversaire. Hommes de devoir avant tout, vous n'avez pas voulu déserter la salle du travail pour la salle du festin et vous avez tenu à sa date régulière une laborieuse séance.

A cette séance, vous avez entendu une communication du plus haut intérêt sur le gisement du Laurium, et ce mémoire, fruit de bien des années de travaux et d'observations, est l'œuvre d'un des membres entrés à la Société dans l'année même de sa constitution. Nous regrettons bien que M. Huet, notre sympathique collègue, ait été empêché, par son état de convalescence, de prendre place à cette table auprès de MM. Loustau et Benoit-Duportail que je salue ici avec plaisir et qui, eux aussi, sont de l'année 1848.

Nous aurions aimé à voir aussi parmi nous M. Laurens, l'un des fondateurs de notre chère Société. Il conçut et combina avec Michel Alcan, Charles Callon, Auguste Faure, Léonce Thomas et William Priestley, le projet d'association auquel notre Société doit son existence. Il a toujours suivi son développement avec une sollicitude qui appelle notre reconnaissance. Retenu par les ménagements que sa santé exige en ce moment, il est de cœur avec vous et il a bien voulu me charger de vous le dire.

Mais je ne puis vous entretenir plus longtemps des absents; ils sont hélas ! trop nombreux. Cette réunion amicale, que vous approuvez tous, qui resserre si heureusement entre nous les liens de la confraternité, n'est pas assez nombreuse à notre gré. Par quel moyen pourrait-on donner à cette fête l'éclat qui convient à une Compagnie qui compte aujourd'hui plus de 2,100 membres?

Je voudrais profiter de ce que nous sommes en famille pour vous présenter à ce sujet une idée qui est dans l'air depuis longtemps et qui a même été étudiée dès 1875 par une commission que présidait M. Goschler.

Vous vous souvenez de la réussite du congrès du Génie Civil de 1878 auquel la Société a pris une part prépondérante. Le voyage d'un groupe d'ingénieurs civils en Hollande, en septembre 1883, a été un succès à son tour. L'année suivante la visite de nos confrères de Belgique et de Hollande a procuré à la Société près d'une semaine d'activité et de récréation. Enfin, notre voyage à l'Exposition d'Anvers n'a-t-il pas été un véritable triomphe?

Je rappelais ces souvenirs pendant que la liste de souscription à notre dîner se garnissait péniblement, et je me disais que si ce banquet était accompagné d'une série de séances techniques et de visites industrielles, comme cela se fait avec plein succès dans beaucoup de sociétés analogues à la nôtre en France et dans d'autres pays, il réunirait certainement trois ou quatre fois plus de convives. Nos collègues des départements et de l'étranger s'y rendraient en grand nombre. Nous pourrions y appeler des invités et notre Société entretiendrait ainsi avec le monde extérieur des relations agréables qui ne seraient pas inutiles sans doute à sa renommée et à sa prospérité.

Mais le moment serait mal choisi pour approfondir cette question; c'est au Comité de la Société qu'il appartient d'examiner si la chose est faisable et comment elle pourrait être réglée.

Vous pouvez être assurés que cet examen sera fait avec sagesse, car vous connaissez tous le dévouement du Comité aux intérêts de notre association et l'action considérable qu'il exerce sur la marche ds ses travaux et sur son développement.

Nous ferons particulièrement appel aux précieux conseils de nos douze anciens Présidents : leur mérite reconnu, leur expérience spéciale des hommes et des choses de la Société, l'autorité que leur ont donnée parmi nous les services rendus, nous fournissent la certitude de trouver en toute circonstance les directions les plus sûres auprès de ces chefs respectés.

Mes chers Collègues,

Je vous propose de boire à la santé de M. Camille Laurens, à la santé des anciens Présidents, à la santé du Comité de la Société.

Toast de M. Molinos, ancien Président.

Messieurs,

Notre cher Président vient de porter un toast aux anciens Présidents convoqués à cette réunion ; comme ils ne s'y sont pas rendus en foule, puisque je me trouve les représenter seul, c'est donc à moi qu'incombe le devoir de le remercier de son bienveillant souvenir.

Si, Messieurs, nous avons à regretter ce soir l'absence d'un grand nombre de nos collègues, si même vos anciens Présidents ne sont pas toujours assidus aux séances de la Société, il ne faudrait pas attribuer leur inexactitude à de l'indifférence, bien loin de là ; il faut avoir égard aux exigences de la famille, aux obligations mondaines qui croissent avec l'âge, à la fatigue de la vie laborieuse que nous menons tous ; puis aux capitulations de conscience qu'autorise une transaction perfide. Je ne vais pas à la Société ce soir; mais je n'y manquerai certainement pas le prochain vendredi ! Et, Messieurs, cette transaction présente le grave inconvénient de pouvoir servir plusieurs fois, je n'ose pas dire indéfiniment ! Soyez cependant assurés, Messieurs, que le zèle de vos anciens Présidents pour tout ce qui touche aux intérêts de cette Société ne s'est jamais refroidi, et vous le trouverez toujours aussi ardent lorsqu'il faudra y faire appel. D'ailleurs la Société des Ingénieurs Civils, comme toutes les œuvres nécessaires, venues à leur heure et fondées par des esprits d'élite, a vécu dès sa naissance d'une vie intense, en sorte que vous avez rendu la tâche de vos Présidents facile ; tous ont conservé un trop agréable souvenir de l'année pendant laquelle vous les avez appelés à l'honneur de diriger vos travaux, pour vous payer d'ingratitude. Messieurs, je souhaite à notre cher Président et ami M. Brüll une présidence heureuse, calme, exempte du moindre orage, et qui n'ait d'autre histoire que celle qui sera consignée dans des Bulletins remplis de mémoires intéressants et de discussions substantielles comme il saura les provoquer. Nous pouvons, Messieurs, contribuer puissamment à lui donner cette satisfaction. Laissez-moi vous dire comment.

Je veux vous parler de la concorde, de la confiance réciproque, de la bienveillance affectueuse qui doivent présider à toutes nos relations les uns vis-à-vis des autres. Notre Société, ne l'oublions jamais, n'est pas uniquement une Société scientifique. Nos fondateurs se sont proposé un but plus utile et plus élevé. Ils ont voulu créer entre tous les Ingénieurs Civils l'esprit de solidarité et de confraternité qui ne pouvait exister encore dans une profession naissante, Or, Messieurs, nous sommes devenus nombreux, et nous le deviendrons, je l'espère, bien davantage, et à mesure que notre nombre augmente, il est dans la nature des choses que les liens qui nous unissent tendent à se relâcher, par la raison très simple que nous nous connaissons moins. Il y a là un danger contre lequel nous devons tous réagir parce qu'il pour-

rait compromettre l'avenir et le développement de la Société. N'est-ce pas d'ailleurs bien facile, Messieurs ? Il suffit de veiller sur nous-mêmes. Ne laissons jamais échapper dans une discussion un mot qui puisse blesser un collègue. Lorsque nous nous trouvons en désaccord sérieux sur des questions importantes, pourquoi donc ne pas admettre que des deux côtés le dévouement à la Société est le même, le but unique poursuivi, son bien et sa prospérité ? Lorsqu'on aborde une discussion dans ces sentiments, elle reste forcément courtoise et ne laisse après elle aucune amertume.

Chaque année, Messieurs, nous avons aussi notre petit accès de fièvre électorale. Je me félicite grandement de voir intervenir dans les élections des groupes jeunes et ardents. Cette ardeur est très louable, et je me préoccuperais bien autrement de l'indifférence qui serait un symptôme très fâcheux. Ne perdons seulement jamais de vue que pour toutes les fonctions si honorables et si justement recherchées que confère notre Société, la lutte ne peut s'ouvrir qu'entre collègues tous dignes de notre sympathie. Veillons donc à ce qu'elle ne laisse après elle ni vainqueurs ni vaincus, non plus que le moindre souvenir pénible dans l'esprit d'aucun de nos confrères.

Messieurs, je suis convaincu que je viens de vous rappeler les bonnes et saines traditions que nous ont léguées nos fondateurs ; c'est comme notre patrimoine commun que nous devons conserver intact. Permettez-moi de le placer sous votre sauvegarde à tous ; et je suis convaincu de répondre au sentiment qui est dans tous vos cœurs, en vous proposant de boire d'abord à notre cher Président et ami M. Brüll, ensuite à l'union, à la concorde de tous les membres de la Société

Toast de M. Noblot, Vice-Président.

Messieurs et chers Collègues,

Je viens, au nom des membres du Comité, remercier notre cher Président des paroles sympathiques qu'il vient de leur adresser. Je crois pouvoir l'assurer d'un concours actif et dévoué, en tout ce qui touche aux intérêts de la Société et à son honneur.

Ses intérêts, nous les servirons, en employant tous nos moyens, toute notre énergie, à sauvegarder et à développer le Travail sous toutes ses formes.

Son honneur, nous le maintiendrons, en tenant haut et ferme le Drapeau du progrès, ayant toujours présent cet axiome consacré chaque jour par les faits :

« Qui n'avance pas, recule. »

Allons donc de l'avant, chers amis, en tout et toujours, allons de l'avant, avec la prudence qui assure le succès, mais sans nous laisser détourner jamais du but patriotique auquel nous devons tendre tous : accroître sans cesse la richesse et la force du pays, assurer l'indépendance de la patrie.

TOAST DE M. LOUSTAU, TRÉSORIER HONORAIRE.

Messieurs et chers Collègues,

Notre estimable Président m'a confié aujourd'hui une mission que j'ai acceptée avec plaisir, bien que je sois peu habitué à prendre la parole devant un nombreux auditoire ; mais j'ai pu me rassurer aujourd'hui, ayant pour auditeurs des collègues et amis bienveillants, et je m'exécute d'autant plus volontiers que je suis chargé spécialement de m'adresser au groupe de nos jeunes collègues qui, entrés tout récemment dans la lice, aspirent tous à la parcourir avec honneur.

Notre Président a pensé qu'il devait confier *au plus ancien* le soin de donner quelques conseils *aux plus jeunes* ; à défaut d'autres titres, j'ai celui d'être *votre doyen* dans la grande réunion de ce jour.

J'ai participé à la fondation de notre Société en 1848, je l'ai vue naître et grandir d'année en année sous la Présidence des Ingénieurs les plus distingués, et je tiens à ajouter que, plus tard, j'ai vu le fauteuil de la Présidence occupé par des Ingénieurs qui avaient été Secrétaires de la Société !

La voie est ouverte à tous ! Vous pouvez tous aspirer à la parcourir honorablement ! Pourquoi ne pourriez-vous pas prétendre à obtenir les mêmes résultats ? Il faut, pour les obtenir, un travail régulier dès le début et des efforts persévérants sans défaillance !

Parmi ceux qui sont entrés récemment dans la carrière, il en est que vous connaissez et que je pourrais proposer pour exemple, si je ne craignais de blesser leur modestie en les nommant ! De beaux résultats, de brillants succès ont déjà récompensé leurs efforts !

Que nos jeunes Collègues se rappellent l'ancien adage : *Vouloir, c'est pouvoir* et avec cette pensée bien arrêtée, ils arriveront au but comme ceux qui ont déjà parcouru la carrière sous nos yeux !

Si je pouvais aspirer à la longévité du vénérable M. Chevreul, je serais heureux de voir un jour nos jeunes sociétaires assis au fauteuil présidentiel, comme j'ai vu quelques-uns de leurs devanciers.

Je porte un toast à nos jeunes Collègues, à leurs succès dans l'avenir !

TOAST DE M. BERTRAND DE FONTVIOLANT, SECRÉTAIRE.

Chers et honorés Collègues,

Appelé, malgré mon indignité, à remplir le devoir des nouveaux venus envers leurs devanciers, j'accepte en leur nom, d'un cœur ému et reconnaissant, les affectueux encouragements et les virils conseils que vous venez d'entendre. Nous en sommes touchés d'autant plus vivement qu'ils sortent de la bouche d'un collègue qui fut, il y a trente-neuf ans, l'un des premiers à l'œuvre dont ce banquet est la consécration, et qu'en lui nous pouvons contempler le témoignage vivant, l'expression convaincante de l'excellence de ses conseils.

Oui, notre cher Doyen, vous êtes la voix des anciens, que nous écoutons avec respect. Attentifs à leurs exemples, fidèles à cette devise qu'ils avaient inscrite en tête de leur premier bulletin : « Labor omnia vincit improbus », nous marcherons sur leurs traces, sans prétendre les égaler. Nous les suivrons, fiers et pénétrés d'une profonde gratitude, car nous leur devons d'avoir place au soleil ; car, dans ce champ jusqu'à eux inculte, inexploré et maintenant florissant, que le privilège abandonnait à leurs efforts, ils ont glorieusement, ils ont impérissablement marqué leur empreinte ; car ils ont, enfin, prouvé que la science et les vertus civiques ne sont pas objets de monopole, qu'elles n'appartiennent en propre à aucun système, à aucune hiérarchie, à aucune école.

Messieurs, au nom des jeunes, j'ai l'honneur de porter la santé de nos aînés et de nos maîtres.

Toast de M. Poirrier.

Messieurs,

Il m'appartient, moins qu'à tout autre, de prendre la parole dans cette réunion. Fils adoptif de votre famille, je me suis toujours conduit à son égard en véritable ingrat.

Je n'ai que fort peu fréquenté la maison ; j'ai même négligé d'assister aux fêtes ou aux assemblées auxquelles elle conviait ses enfants.

Mais après cette confession, je dois cependant invoquer les circonstances atténuantes.

Déjà beaucoup trop occupé, je me suis imposé de limiter mes efforts, dans la crainte de les rendre stériles. Vous connaissez le proverbe : « Qui trop embrasse..... ».

D'ailleurs, je ne pourrais que rarement prendre une part utile à vos discussions ; car, le plus souvent, la compétence me ferait défaut. Mais je ne lis pas moins, avec le plus vif intérêt, le compte rendu de nos séances.

Nul d'ailleurs, Messieurs, n'est plus pénétré que moi des services que vous rendez à notre industrie, à son développement ; par suite, à la prospérité de notre pays, à son influence dans le monde.

Les Ingénieurs français, répandus sur toute la surface du globe, montrent à tous les peuples ce que peuvent le génie et la ténacité de notre race, quoi qu'en disent nos détracteurs.

Il n'est point aujourd'hui d'exploitation industrielle viable, si sa direction n'est confiée à des hommes instruits.

Le temps n'est plus aux procédés empiriques. Ce n'est point de trop des efforts combinés du savant et de l'ingénieur, pour qu'une maison tienne sa place et son rang, et puisse soutenir la lutte contre la concurrence universelle.

Dans la lutte ardente sur le terrain économique qui se poursuit

entre les nations, la victoire appartiendra au peuple le plus instruit, a dit l'illustre M. Berthelot.

Ce sont ces vérités que je ne cesse de répéter autour de moi et je ferai, comme président de la Chambre de commerce de Paris, tous mes efforts pour contribuer au développement de l'enseignement scientifique et technique, à tous les degrés.

C'est probablement parce que votre Comité connaît toute ma sympathie pour votre Association que votre honorable Président m'a fait l'honneur de me demander d'être ici l'interprète du Comité pour vous convier à commencer par une bonne œuvre la 40e année de l'existence de notre Société.

Vous connaissez tous la terrible catastrophe qui vient de frapper la population des mineurs de Saint-Étienne.

Une explosion de grisou, suivie d'incendie, et qui rappelle celles du puits Jabin en 1871 et en 1876, a eu lieu le 1er mars, à 9 heures du matin, dans le puits Culat des mines de Beaubrun.

Le nombre des victimes dépasse 80. Les secours ont été puissamment organisés. Le dévouement des mineurs et de leurs chefs a été admirable.

Les témoignages de la plus vive sympathie ont éclaté de toutes parts; le Ministre des Travaux publics s'est rendu sur le théâtre du sinistre.

Mais l'importance des éboulements, le développement de l'incendie, rendent ces efforts à peu près impuissants.

De nombreuses existences sont moissonnées; la plus poignante douleur règne dans des familles non moins nombreuses.

Il s'agit de leur épargner au moins la misère.

Les secours d'argent arrivent à Saint-Étienne; mais les besoins sont aussi grands que pressants. La Société des Ingénieurs Civils voudra donner un témoignage de vive sympathie pour les familles des mineurs si cruellement éprouvées; une souscription est ouverte au secrétariat de la Société.

En matière de secours, la rapidité augmente d'autant la générosité et votre Comité a décidé qu'une somme de 500 francs, provisoirement prélevée sur les fonds de la Société, serait envoyée à M. F. Reymond, député de la Loire et membre du Comité de notre Société; et comme, nous l'espérons, la souscription dépassera cette somme, le surplus lui sera adressé, aussitôt qu'elle sera réalisée.

Ceux des Membres qui ne voudraient pas se déranger pour aller au bureau de la Société pourraient remettre immédiatement à notre cher et dévoué Secrétaire, M. Husquin de Rhéville, le montant de leur souscription.

Cette triste note dans cette réunion de famille est un témoignage du vif intérêt que vous portez à ceux qui souffrent; permettez-moi de terminer en portant un toast à l'union de tous les Membres de la Société, sociétaires et associés, à la fréquence de leurs rapports, dont il ne peut, comme ce soir, sortir que du bon et du bien.

LES LOIS NOUVELLES

D'ASSISTANCE OUVRIÈRE

EN

ALLEMAGNE, AUTRICHE ET SUISSE

PAR

E. GRUNER

Ingénieur civil des Mines

INTRODUCTION

La question des rapports de l'Etat et des patrons avec la grande masse des travailleurs a pris une gravité nouvelle dans la plupart des pays du monde.

Les Parlements de presque toutes les nations européennes, et celui de notre pays en particulier, en ont été saisis.

En France, depuis 1880, il n'a pas été déposé sur le bureau de la Chambre des députés moins de douze propositions ou projets de lois au sujet des accidents de travail ou des assurances ouvrières, et il ne faut pas compter moins d'une trentaine d'amendements importants présentés et distribués.

Au moment où ces graves questions s'étudient dans les commissions parlementaires, se discutent dans la presse et servent de thème à bien des discours, il nous a paru utile d'aller observer sur place à l'étranger ce qui a été fait dans cette voie, et de résumer les principaux faits dans un travail dont nous avons l'honneur de présenter aujourd'hui la première partie (1). La seconde partie relative à l'Autriche paraîtra sous peu de jours (2).

(1) *Les lois d'assistance ouvrière en Allemagne.* — Imprimerie Chaix.

(2) *Les lois de patronage et d'assistance ouvrière en Autriche.* — Imprimerie Chaix.

Notre honorable président a pensé qu'il pouvait être intéressant pour la Société des Ingénieurs Civils, d'entendre un rapide exposé des lois qui existent actuellement et de celles en préparation en Allemagne, en Autriche et en Suisse.

Nous passerons donc aussi brièvement que possible en revue l'état de la question dans les trois pays. Nous chercherons à faire ressortir ce qui caractérise chacune des législations nouvelles, et nous nous demanderons, en finissant, ce que notre pays aurait à imiter ou à éviter.

I

LES LOIS D'ASSISTANCE OUVRIÈRE EN ALLEMAGNE

Historique. — L'Empire allemand a dû, dès son origine, se préoccuper des questions ouvrières. Le 7 juin 1871, à peine constitué, il promulguait déjà une première loi sur la responsabilité en matière d'accidents.

Cette loi met à part les chemins de fer, confirme une ancienne loi de 1838 et déclare responsables des accidents les administrations, à moins qu'elles ne puissent prouver la force majeure ou la faute de la victime. Pour les fabriques, usines et carrières, cette même loi limite la responsabilité aux seuls cas où il y a faute du chef de l'entreprise ou de ses agents. Il faut que le blessé, que les parents de la victime établissent la responsabilité du patron ; cette loi suppose donc procès ou menace de procès, avec tout le cortège de frais, de délais, de débats irritants.

Plusieurs Compagnies d'assurances se formèrent en Allemagne à la suite de la loi de 1871, et traitèrent avec les industriels pour les décharger des risques qui en résultent. L'intérêt de ces Compagnies est de payer le moins possible. Seul, en face d'un ouvrier malheureux, le patron écartait souvent ou même ne laissait pas se poser les questions de responsabilité légale. Par humanité, par répugnance pour les débats judiciaires, il prenait l'initiative des secours. Mais du moment où la Compagnie d'assurances se substituait au patron, les considérations humanitaires

et personnelles faisaient place à l'examen légal de la question. Les conséquences de cette transformation ne se firent pas attendre. Aussi, dès 1880, un rapport officiel allemand devait-il avouer que les résultats de la loi de 1871 avaient été « tout à fait illusoires » ; que bien loin d'améliorer la situation des ouvriers, elle n'avait eu pour effet que d'aigrir leurs rapports avec les chefs d'industrie.

On ne le sentait que trop en Allemagne où les menées socialistes se développaient avec une inquiétante rapidité. Le Chancelier dut recourir à des mesures de rigueur et demander aux Chambres effrayées par d'audacieuses tentatives le vote des sévères lois répressives d'octobre 1878.

Mais le prince de Bismarck estima qu'une politique purement défensive ne pouvait suffire et qu'il triompherait plus sûrement de toute cette agitation en donnant aux masses populaires de réelles satisfactions.

Les salaires avaient subi des baisses successives ; le travail manquait, les exportations allemandes devenaient plus difficiles, et par toutes les frontières, grâce aux faibles droits, entraient les produits étrangers. Brusquement, rompant avec les principes de libre-échange qu'il avait, sinon adoptés, au moins acceptés pendant de longues années, le Chancelier opérait en 1879 la revision des traités de commerce et entourait le pays d'un nouveau réseau de droits protecteurs.

L'impulsion donnée à l'industrie par cette volte-face, opérée dans un moment propice, fut considérable ; les salaires se relevèrent, mais le Chancelier voulut que la part revenant aux ouvriers ne fût pas seulement quelques pfennigs de plus sur le gain journalier ; il voulait « donner aux ouvriers un gage éclatant de la sollicitude de l'Empire à leur égard ».

Le 8 mai 1881, le gouvernement impérial présentait au Parlement un projet de loi par lequel les patrons devaient assurer leurs ouvriers contre les chances d'accidents et leurs conséquences, à une Caisse d'Empire, que l'Etat devait créer, gérer et subventionner.

Quelques mois auparavant déjà, sous le nom d'un industriel de Bochum, le conseiller Baare, le prince de Bismarck avait saisi de ces idées l'opinion publique.

La surprise fut grande cependant, quand on vit proclamer dans un même projet des innovations aussi hardies que :

L'assurance obligatoire,

Le monopole de l'assurance entre les mains de l'Etat,

La fixation d'un tarif légal d'indemnités,

L'abrogation presque complète de la responsabilité civile,

La participation financière de l'Etat.

Ce premier pas dans la voie du socialisme d'Etat souleva une vive opposition dans le sein du Parlement allemand.

Le *principe de l'obligation* passa sans trop de difficultés ; la situation créée par la loi de 1871 sur la responsabilité civile était si tendue que tout le monde sentait qu'il y avait quelque chose à faire. L'obligation fut acceptée comme un expédient nouveau dont on voulut faire l'essai.

Mais le *monopole de l'assurance* entre les mains de l'État fut combattu de toutes parts. Il ne fut guère mieux traité que *la participation de l'État*, contre laquelle s'élevèrent tous les partis, progressistes, libéraux et conservateurs.

L'intervention du prince de Bismarck ne fut ni moins vive, ni moins fréquente que dans un cas tout récent encore. Le résultat fut le même : la grande majorité du Reichstag ne se laissa impressionner ni par les souvenirs historiques qu'invoquait le Chancelier, ni par le tableau qu'il faisait des devoirs de l'Etat vis-à-vis des ouvriers, ni par les violentes invectives dont il poursuivait ses antagonistes.

Le projet revint, profondément modifié par la Commission : la Caisse centrale avait disparu pour faire place à une série de caisses provinciales ; la participation de l'État était rayée ; la participation des ouvriers était confirmée et développée.

Battu, le Chancelier retira de la délibération le projet amendé, et fit intervenir la personnalité de l'Empereur dont le message, prononcé le 17 mars 1881, à l'ouverture des Chambres, mérite d'être cité :

« Déjà, au mois de février de cette année, nous vous avons » fait connaître que, dans notre conviction, ce n'est pas seule- » ment dans la répression des excès de la démocratie sociale, » mais aussi sur le terrain positif, par le développement du bien- » être des ouvriers, qu'il faut chercher à guérir les plaies so-

» ciales. Nous considérons qu'il est de notre devoir, comme Em-
» pereur, de demander au Reichstag qu'il prenne cette tâche à
» cœur... Dans les efforts que nous dirigeons en vue de laisser à
» la patrie de nouvelles et durables garanties de la paix inté-
» rieure, nous sommes certain de l'assentiment de tous les gou-
» vernements confédérés et nous comptons sur l'appui du Reichs-
» tag, sans distinction de partis. C'est dans ce sens que le projet
» de loi sur l'assurance des ouvriers contre les accidents du tra-
» vail va être soumis à un remaniement dans lequel il sera tenu
» compte des débats du Reichstag. Le projet sera complété par
» un autre projet de loi dont le but sera d'organiser d'une façon
» uniforme les caisses de secours en cas de maladie. Mais ceux-
» là aussi que l'âge ou l'invalidité ont rendu incapables de pour-
» voir au gain quotidien, ont droit à plus de sollicitude que celle
» que l'ensemble de la société leur a accordée jusqu'ici. Trouver
» les véritables voies et moyens pour rendre cette sollicitude
» effective est une tâche difficile, il est vrai, mais essentielle de
» tout Etat qui est fondé sur les bases morales d'une vie publique
» chrétienne. C'est par une union étroite avec les forces réelles
» de la vie populaire et par l'organisation de ces forces, sous la
» forme d'associations corporatives placées sous la protection de
» l'Etat et jouissant de sa sollicitude, qu'il sera possible, nous
» l'espérons, de résoudre une tâche que le seul pouvoir de l'Etat
» ne pourrait remplir dans la même mesure. Toutefois, même
» dans cette voie, le but ne sera atteint, sans qu'on y con-
» sacre d'importants moyens financiers. »

La question s'étendait. L'Empereur annonçait la mise à l'étude simultanée de trois lois, sur l'assurance contre la maladie, contre les accidents et contre la vieillesse.

Le 15 juin 1883 était votée la loi rendant l'assurance contre la maladie obligatoire pour un grand nombre de catégories d'ouvriers.

Le 6 juillet 1884 était votée à son tour la loi sur l'assurance contre les accidents.

Quant à la troisième loi, celle à laquelle s'appliquait surtout la phrase de l'Empereur : « le but ne sera atteint sans qu'on y con-
» sacre d'importants moyens financiers », elle n'a même pas encore

été présentée. Les moyens financiers font défaut et sont absorbés par d'autres soins.

Mais les deux lois qui ont été votées et promulguées forment, avec les lois complémentaires qui s'y rattachent, un tout assez important pour mériter toute notre attention.

Il ne faut pas l'oublier, ces lois ont servi de modèle à l'Autriche; elles ont provoqué des propositions de loi en Suisse, en Italie, en Espagne même, et ont servi de modèle à plusieurs des propositions actuellement soumises aux délibérations de notre Chambre des députés.

Loi d'assurance contre les maladies

Votée le 15 *juin* 1883, *appliquée depuis le* 1er *décembre* 1884.

Les deux lois allemandes ont un caractère très différent : l'une, celle relative aux maladies, est une loi de décentralisation; l'autre, une loi de centralisation et d'unification.

Étendue de l'assurance. — Toute personne occupée, moyennant salaire ou traitement, dans une mine, une carrière, une usine, un atelier, quelles qu'en soient la nature et l'importance, tout employé ayant un salaire de moins de 8 fr. 32 c. (6^m 2/3) par jour de travail, est astreint à l'assurance contre la maladie, à moins que son travail ne soit de nature tout à fait passagère et limité à une semaine au plus (1). L'obligation peut être étendue à toute une série de personnes désignées par la loi.

Obligation de l'assurance. — L'assurance contre les maladies est obligatoire; l'ouvrier industriel doit faire partie d'une caisse d'assurances, mais est libre de choisir celle des caisses à laquelle il veut se rattacher. Les ouvriers se groupent soit d'après leur métier, soit d'après leur résidence, soit d'après leurs convenances personnelles; mais, dans chaque commune, ils doivent trouver une

(1) Tout ouvrier occupé dans une fabrique étant nécessairement appelé à participer au bénéfice de la Caisse de maladie, les patrons écarteront naturellement les ouvriers maladifs, d'aspect chétif, qui pourraient être une trop lourde charge pour la Caisse. Le résultat immédiat de la loi, nous l'avons vu sur place, a été de priver de leur gagne-pain et de réduire à la mendicité un grand nombre d'ouvriers à demi invalides que les industriels occupaient jusque-là par pitié mais sans les admettre dans leurs Caisses de secours.

caisse prête à les recevoir et attentive à les saisir, s'ils ne font pas la preuve qu'ils sont affiliés à une autre caisse régulièrement constituée.

Types divers de caisses. — Tout industriel occupant plus de 50 ouvriers doit organiser et gérer à ses frais une caisse dite *caisse de fabrique*, dont les statuts doivent être rédigés conformément à un type officiel et approuvés par l'Office impérial des assurances.

Un *entrepreneur de constructions*, qui occupe plus de 50 ouvriers, doit, lui aussi, créer une caisse de maladie qui assurera des secours aux malades pendant toute la durée des travaux.

Les *Mines* sont assimilées aux fabriques. La loi des Mines de 1865 rendait déjà obligatoire l'assurance pour les mineurs ; mais constituait des corporations (Knappschaft) et réglait pour les mineurs non seulement les secours en cas de maladie ou d'accidents, mais aussi les pensions en cas d'invalidité, par suite d'accidents ou de vieillesse, les pensions pour les veuves et orphelins, etc.; la nouvelle loi ne détruit pas ce qui existe. Elle prévoit une loi spéciale qui modifiera la loi des Mines dans ces articles ; et en attendant se contente de mettre les mineurs sur le même pied que les autres ouvriers, en obligeant avant le 1er janvier 1887 les propriétaires à mettre les statuts de leurs caisses d'accord avec les prescriptions de la nouvelle loi, quant à la quotité des secours.

Pour *la petite industrie*, la commune, ou un petit groupe de communes, doit former une *caisse locale* dont les statuts, rédigés par les soins du maire, sont presque identiques à ceux des caisses de fabrique.

Une commune importante, comme Strasbourg, Francfort, Berlin, doit former plusieurs caisses locales groupant les ouvriers par corps de métiers; une commune de moyenne importance, comme Colmar, Mulhouse, ne forme qu'une seule caisse locale; une même caisse peut quelquefois réunir toutes les communes d'un même arrondissement, comme celui de Thionville, celui de Haguenau.

Toutes ces caisses ont leur administration propre élue, et ont une certaine autonomie. Mais, quand la commune est si petite qu'elle ne contient même pas 100 ouvriers industriels, si isolée qu'elle ne peut se rattacher à des communes voisines pour mettre

leurs risques en commun, alors c'est la *Caisse communale* qui doit faire le service de l'assurance.

Il n'y a plus ni statuts ni comité directeur; la commune administre, et si besoin est, avance les fonds nécessaires.

L'assurance contre la maladie était déjà très en faveur dans certaines parties de l'Allemagne quand fut discutée cette nouvelle loi; de nombreuses Sociétés existaient, possédaient des capitaux plus ou moins considérables. Le Chancelier n'a pas osé, malgré ses idées d'unité et de centralisation, détruire tout ce qui fonctionnait; il s'est contenté de mettre chacun au pas.

Les *anciennes Sociétés de secours* des fabriques, des usines, des ateliers; les *anciennes Sociétés libres de secours mutuels*, eurent un délai d'un an pour modifier leurs statuts et les mettre d'accord avec le cadre officiel. Toutes les anciennes Sociétés qui visaient à la fois au rôle de caisses de secours et de caisses de retraite, durent scinder leur activité et se subdiviser en une caisse de secours contre les maladies avec statuts officiels, et une caisse libre de retraite que l'Etat laisse fonctionner en attendant qu'il ait fait voter sa loi des retraites.

Gestion des caisses de maladie. — Les caisses de maladie sont gérées par *un comité élu* composé pour deux tiers d'ouvriers et un tiers de patrons; dans les caisses de fabrique, le patron a le droit de nommer le président et le trésorier, mais il assume aussi la responsabilité financière complète ; dans les caisses locales, le président et le trésorier sont élus par le Comité lui-même.

Étendue des secours. — Tout ouvrier compris dans les catégories de ceux pour lesquels l'assurance est obligatoire, est assuré par le seul fait qu'il travaille; c'est à son patron à régulariser son inscription dans les trois jours, ou à supporter personnellement les charges de l'assurance, si l'ouvrier tombe malade et n'a pas été inscrit en temps voulu sur les registres de la Société. Les secours sont accordés obligatoirement pendant 13 semaines; ils consistent en secours médicaux et pharmaceutiques, et en une allocation journalière comptée à partir du 4e jour de la maladie, et égale à la moitié de tous les salaires qui ne dépassent pas 3 fr. 75 c.

Au cas de décès, la famille reçoit une indemnité mortuaire égale au moins à vingt fois le salaire journalier.

Cotisations. — Les *cotisations* sont fournies toujours pour un tiers par les patrons et pour deux tiers par les ouvriers.

Elles sont basées, soit sur le gain réel de l'ouvrier, en tant qu'il ne dépasse pas 3 fr. 75 c. par jour, soit sur un gain quotidien moyen type des journaliers ordinaires.

Le type fixé administrativement dans chaque commune pour les hommes et pour les femmes, pour les garçons et les filles de moins de 16 ans, est adopté nécessairement par la Caisse communale. Le chiffre est bas; aussi la loi n'autorise-t-elle pas à fixer à plus de 2 0/0 en totalité la cotisation des participants à cette Caisse, dont un tiers payable par le patron. Il n'est donc prélevé au plus que 1.33 0/0 sur le salaire des ouvriers inscrits à l'assurance communale.

On comprend qu'avec une participation si faible, la loi a dû limiter strictement à 13 semaines la durée des secours et interdire à la Caisse communale de consentir à aucune extension des secours.

Pour les *autres caisses*, la cotisation peut être basée sur le gain réel; elle peut être portée en totalité à 4 1/2 0/0 du gain, soit 3 0/0 au compte des ouvriers ; les recettes sont plus fortes, les statuts permettent donc de prolonger les secours jusqu'à la durée d'un an, de les étendre à diverses personnes, par exemple, aux femmes en couches, aux parents et enfants malades, etc.

Mais la loi entend distinguer nettement *les secours* et *les retraites ;* et s'opposer absolument au passage insensible des uns aux autres; de là cette interdiction absolue de prolonger les secours au delà d'un an ; en effet, cette tolérance est la ruine de bien des Caisses.

Difficultés de la gestion. — Ce que la loi ne peut empêcher ce sont les abus de tous genres qui s'implantent dans les Caisses de secours. Dans une fabrique, les absences des ouvriers sont contrôlées dans une certaine mesure, trop faible (nous avons entendu bien des doléances à cet égard). Le patron peut enrayer les abus de visites de médecins, de notes de pharmaciens; mais dans une Caisse locale, le comité ne siège que de loin en loin, la gestion est confiée au secrétaire de la mairie qui enregistre beaucoup et contrôle

peu; et les abus pullulent sous les formes les plus diverses. Arrive la saison de chômage pour un corps de métiers, tous les compagnons sont malades et font appel au médecin, au pharmacien et à la pension. Arrive l'hiver, les sirops du pharmacien sucrent toutes les tisanes. Aussi avons-nous vu des Caisses de fabrique constituer leur fonds de réserve en ne demandant en totalité que 2.25 0/0 de cotisation, et des Caisses locales se trouver en déficit avec 4 1/2 0/0 de cotisation totale.

Il n'est donc pas étonnant d'entendre exprimer bien des inquiétudes sur le fonctionnement de ces Caisses locales, qui sont minées par le « chancre rongeur de la simulation ».

Role de l'Etat. — Tout cet organisme fonctionne depuis le 1er décembre 1884 dans les caisses locales par les soins des employés de la commune; dans les caisses de fabriques, de constructions, etc., par les soins des patrons; dans les unes et les autres sous l'œil vigilant des autorités qui viennent vérifier la tenue des régistres d'entrée et de sortie des ouvriers, et qui relèvent les noms des ouvriers qui préfèrent se rattacher à des Caisses libres. Grâce à ces déclarations et inscriptions obligatoires, l'Etat peut suivre presque jour par jour les mouvements des ouvriers; par les tableaux multiples qu'il réclame à la fin de chaque année, sous prétexte de statistique et de contrôle financier, l'Etat connaît exactement l'importance des feuilles de paye, le gain journalier de chaque catégorie d'ouvriers, et pénètre dans les détails de la situation financière des industriels.

Au premier moment beaucoup d'ouvriers se sont refusés à faire partie des Caisses de fabrique; ils ont préféré renoncer à la participation des patrons et se rattacher à des Caisses libres. Mais ils se sont aperçus bientôt que leurs velléités d'indépendance les signalaient à l'autorité, puisqu'ils ne pouvaient se déplacer sans justifier dans le nouvel atelier leur affiliation à une Caisse libre. Les ouvriers ont dû reconnaître que par le contrôle qu'il s'est réservé sur les Caisses, l'État s'est assuré un nouveau et précieux moyen d'information sur leurs allées et venues; et les industriels ont dû se résoudre à communiquer bien des renseignements qu'ils avaient jusqu'alors regardés comme confidentiels.

Loi d'assurance contre les accidents

Votée le 6 *juillet* 1884, *appliquée depuis le* 1er *octobre* 1885.

Historique. — Présentée un an avant celle relative aux maladies, la loi sur l'assurance contre les accidents n'a été votée qu'un an après le 6 juillet 1884, et n'a pu entrer en fonctionnement que le 1er octobre 1885. Cette loi souleva, en effet, des discussions beaucoup plus vives quant aux principes mêmes sur lesquels elle est basée.

Nous l'avons déjà dit en commençant, le premier projet où le prince de Bismarck avait franchement inscrit comme principes fondamentaux : *centralisation absolue* et *participation financière directe de l'État*, fut complètement modifié par la Commission. Retiré à la suite de ce vote, le projet fut représenté à la session suivante. Bismarck cédait sur le principe de la centralisation, mais maintenait la participation financière de l'Etat. Nouvel échec, nouveau retrait.

A la session suivante, c'est la participation *financière directe* que Bismarck abandonnait à son tour. Nous insistons avec intention sur ce mot *directe*, car, par une voie détournée, quand ce n'est pas par la force, le Chancelier sait toujours faire triompher sa volonté : il a abandonné la participation, mais il a introduit la garantie financière de l'Empire.

Ce que cet article 33 de la loi réserve de charges, nul ne le sait, mais on peut tout craindre.

Etendue de l'assurance. — L'assurance est étendue sur tous les ouvriers des usines, mines, fabriques, chantiers, ateliers de toutes dimensions. Au 1er janvier 1887, le nombre des établissements assurés était de 259,741, le nombre des ouvriers assurés était de 3,421,866, soit environ 13 personnes par atelier. Il n'est pas inutile de faire remarquer qu'il y a des milliers d'ateliers figurant pour *un* ouvrier. On voit donc que l'assurance ne dédaigne pas les petits ; elle atteint le goujat occupé par un maçon de village ; le petit ramoneur que son patron envoie dans les cheminées, etc.

Role des corporations. — L'assurance est basée sur la mutualité et réalisée par le groupement de tous les corps de métiers similaires de l'Empire allemand ou de grandes régions territoriales. Ces trois millions et demi d'ouvriers, ces 260,000 patrons sont groupés en 62 corporations, dont 26 s'étendent sur tout l'Empire, et 36 sur partie seulement de l'Empire et en 48 circonscriptions pour ouvriers au service de l'Etat.

Ainsi, tous les brasseurs de l'Empire allemand forment une seule et même corporation dont le centre est à Leipsig. Toutes les sucreries, toutes les papeteries, toutes les verreries. toutes les industries du cuir, etc., forment autant de corporations uniques pour toute l'Allemagne. Nous oublions la plus importante de toutes les corporations : celle des mineurs, qui a son centre à Berlin et qui groupe toutes les mines, quelle qu'en soit la nature, et assure à elle seule 350,000 ouvriers mineurs.

Par contre, les industries métallurgiques forment 8 corporations régionales, les industries textiles en forment 7, etc.

Formation des corporations par l'initiative des syndicats industriels. — Pour constituer ces groupements d'industries similaires, le Chancelier avait un organisme libre admirable qui est l'un des plus grand éléments de force de l'industrie allemande. Tous ceux qui connaissent un peu à fond l'Allemagne, n'y contrediront pas : ce sont les syndicats d'industriels, les Verein.

Au lieu de vivre isolés et d'en être encore à ne pas oser et désirer se réunir pour traiter de ce que la Convention nationale a appelé si malheureusement « les prétendus intérêts communs ». les industriels allemands dans chaque spécialité se sont groupés, tiennent de temps en temps des réunions générales, mais surtout ont constitué un bureau peu nombreux, à la tête duquel ils ont appelé un homme considérable, énergique, muni de pouvoirs étendus, pour réunir les renseignements, pour suivre toutes les questions d'intérêt général, tarifs de chemins de fer, droits de douanes, traités de commerce, développement des voies navigables et des voies ferrées; et, quand le moment est venu, pour parler au nom de tous, ou pour organiser une agitation dans un sens ou dans un autre.

Les ministres sentent la puissance de ces syndicats et savent

faire appel à leur patriotisme éclairé quand un intérêt général nécessite un sacrifice ou un effort sur un point spécial.

C'est à cette puissance, à ces 47 syndicats industriels que l'Office impérial d'assurances s'adressa quand il eut à organiser les corporations ; et, dans son premier rapport annuel, il sait reconnaître l'aide que lui ont apportée ces groupes déjà formés.

Au 31 décembre 1885, sur 57 corporations constituées à cette date, 51 devaient leur création à la libre initiative des intéressés ; plus de 90 0/0 des ouvriers étaient incorporés sans que l'Etat ait eu autre chose à faire qu'à ratifier et rectifier, sur certains points de détail, les propositions qui lui étaient faites.

ORGANISATION INTÉRIEURE DES CORPORATIONS. — Les corporations trop étendues se subdivisent en *sections*, et chaque section a une certaine autonomie ; mais la question financière est centralisée entre les mains du comité directeur de la corporation.

L'assurance reposant essentiellement sur la mutualité, la répartition uniforme des charges n'est réalisable que par des groupes suffisamment nombreux.

Chaque corporation, ou section, a son *assemblée générale* formée de tous les patrons, son *comité directeur* élu par l'assemblée, et ses *hommes de confiance* élus également, et qui sont les délégués locaux des corporations ; son *tribunal arbitral* pour juger les différends existant entre patrons et ouvriers.

La gestion est entièrement entre les mains des patrons qui, nous le verrons, contribuent seuls aux charges.

DÉLÉGUÉS OUVRIERS. — Les ouvriers ne sont pas tenus à l'écart. Ils doivent se réunir à des époques fixes pour nommer deux groupes de délégués. Ils nomment des *délégués près la corporation ou la section*, qui ont à discuter avec les membres du bureau de la corporation ou de la section les règlements pour prévenir les accidents, et qui élisent les assesseurs ouvriers au tribunal arbitral et deux membres non permanents de l'Office impérial à Berlin.

Les ouvriers nomment aussi des *délégués locaux* qui ont pour mission d'assister aux enquêtes relatives aux accidents et d'y représenter les intérêts de la victime.

Mais là seulement se borne l'ingérence des ouvriers; ils ont un

rôle consultatif, un rôle judiciaire dans certains cas, mais ils ne participent en rien à la gestion.

Auprès de la corporation ou de la section, le rôle de l'Etat semble au premier abord assez effacé ; ce n'est qu'au *tribunal arbitral* que se trouve un délégué du gouvernement. Choisi parmi les juges inamovibles, le délégué officiel préside, assisté de deux assesseurs nommés par les patrons et de deux autres nommés par les ouvriers.

Office impérial. — Quand on y regarde de plus près, on voit que, bien au contraire, l'action de l'Etat sur les corporations est continuelle par l'intermédiaire de l'*Office impérial*, qui est l'organe central, le grand moteur de tout l'organisme, mais aussi le grand inquisiteur.

C'est cet Office composé de trois membres permanents nommés par l'Empire, de quatre membres nommés par le Conseil Fédéral et de quatre membres élus, deux par les patrons, deux par les ouvriers, qui a la haute main sur tout ; mais le rôle de tous les membres est bien loin d'être le même.

Quand il siège comme tribunal suprême d'appel, l'Office Impérial doit se composer d'au moins un délégué de chaque groupe de membres, et doit même se compléter par deux jurisconsultes.

Mais quand il a dû organiser toutes les corporations, discuter toutes les mesures d'exécution, l'Office s'est réduit le plus souvent à ses trois membres permanents, dont le pouvoir s'étend par-dessus toutes les limites des royaumes soi-disant indépendants et s'exerce en dehors de toutes les filières ministérielles. Par l'Office impérial, le prince de Bismarck a indirectement réalisé la centralisation que le Reichstag avait refusé de voter.

Ainsi, jetant un coup d'œil en arrière, nous voyons toute l'industrie allemande divisée en 62 grandes corporations, et guidée dans la voie de l'assurance officielle par un Office central siégeant à Berlin et représenté par un triumvirat tout-puissant.

Procédure en cas d'accident. — Tout ouvrier par le fait seul de son entrée chez un industriel incorporé, est assuré contre tous les accidents produits en cours de travail, et qu'il n'a pas causés volontairement d'une façon évidente.

Se produit-il un accident, le médecin est appelé et s'il conclut à

une interruption de travail de plus de trois jours, il fait un rapport en triple expédition que le patron transmet, avec son propre rapport, au maire, au siège de la corporation et à l'homme de confiance.

Si le médecin est d'avis que l'incapacité de travail pourra durer plus de 13 semaines, l'enquête doit être ordonnée par le maire; elle peut l'être en tout cas. Elle a lieu en présence du patron, de l'homme de confiance et du délégué ouvrier qui ont droit de faire consigner ou de joindre leurs observations à l'appui du rapport du maire.

Trois cas peuvent se présenter :

1° L'ouvrier a volontairement causé l'accident; l'enquête, en le constatant, dégage par cela seul toute responsabilité financière de la Corporation;

2° Le patron est coupable d'une faute grossière; la justice est saisie et poursuit correctionnellement; la corporation attend; si le patron est reconnu coupable et condamné au correctionnel, la corporation se retire et l'ouvrier ou ses héritiers doivent se porter partie civile contre le patron qui doit dès lors indemniser seul les victimes;

3° Dans tous les autres cas, la corporation se substitue complètement au patron.

Pensions et secours. — En principe le secours à l'ouvrier *blessé* est égal aux 2/3 (66 2/3 0/0) de son salaire journalier moyen. Pendant les 13 premières semaines, l'ouvrier reçoit 50 0/0 de son salaire par la Caisse de maladie qui lui assure également les soins médicaux et pharmaceutiques et c'est le patron qui doit fournir directement la somme nécessaire pour porter de 50 à 66 2/3 0/0 du salaire le secours journalier.

Après la treizième semaine, si un traitement médical est encore nécessaire, il continue à être assuré par la Caisse de maladie, mais aux frais de la Caisse d'accidents qui rembourse.

Dès que survient le *décès* ou la fin du *traitement médical* proprement dit, la corporation intervient, fait faire une enquête par l'homme de confiance et sur le vu du rapport médical et de l'avis de l'homme de confiance, statue sur la pension. Elle est de 66 2/3 0/0 du gain journalier moyen de travail de l'année écoulée si l'invalidité est complète; mais souvent la capacité de travail n'est que réduite,

la pension est réduite en proportion. Elle peut-être de 1/2, 1/4, 1/6, de 1/8 même de ce gain journalier moyen.

Une jurisprudence s'établit déjà. Chaque lésion est tarifée, car il faut bien le remarquer, c'est le *degré d'invalidité* qui motive seul la quotité de la pension. Le Comité n'a à considérer ni les circonstances diverses de l'accident, ni la situation de famille ou de fortune personnelle. La blessure diminue-t-elle la possibilité pour la victime de gagner ce qu'elle gagnait auparavant et dans quelle proportion? Voilà le seul côté de la question que doit examiner le Comité.

Si l'ouvrier a été tué, la famille peut recevoir au maximum jusqu'à 60 0/0 du salaire à partager en une série de pensions qui sont, au maximum, pour la veuve de 20 0/0, pour chaque enfant de 15 0/0.

Juridictions spéciales d'appel. — Tribunal arbitral. — Contre les décisions du Comité de l'Association, formé seulement de patrons, le droit d'appel est ouvert devant le tribunal arbitral, où les ouvriers sont représentés par deux membres sur cinq, dont un délégué du gouvernement; contre le jugement de ce tribunal, l'appel est libre et gratuit devant l'Office impérial à Berlin, où deux ouvriers siègent à côté de deux patrons, de deux jurisconsultes et de sept fonctionnaires ou délégués des Etats confédérés.

Ainsi, et c'est là l'un des points fondamentaux, la connaissance de toutes les questions d'accidents et de leurs conséquences civiles est retirée aux tribunaux civils. La corporation se substitue au patron et estime le degré d'invalidité d'où découle en vertu de la loi, la quotité de la pension. En appel, l'affaire peut être portée successivement devant deux juridictions, le tribunal arbitral et l'Office impérial, qui statuent sans frais, sans recours à des experts, et le plus souvent sans intervention d'avocats.

Paiement des pensions. — La pension étant définitivement arrêtée, l'intéressé reçoit un titre avec lequel il peut toucher mensuellement la rente au bureau de poste le plus voisin. L'État est le banquier général de toutes les corporations et met à leur service les guichets de tous les bureaux de poste. Il fait l'avance des paiements sans intérêts ; et n'est remboursé qu'en fin d'année.

Répartition des charges. — Quoique toutes les fonctions, sauf celles dévolues aux ouvriers, soient gratuites, le fonctionnement d'une corporation entraîne de nombreux frais ; il faut constituer des bureaux, payer des employés, rembourser à tous les membres élus leurs frais de déplacement, et aux ouvriers leur temps perdu ; à ces charges annuelles qui seront constantes et faciles à estimer, viendront se joindre les dépenses pour secours et d'année en année les nouvelles pensions accordées.

Tout cet ensemble de charges doit être supporté par les patrons seuls, proportionnellement aux salaires payés à leurs ouvriers et aux dangers auxquels ils les exposent.

Il faut donc que chaque industriel transmette le relevé complet des salaires payés par lui ; relevé des plus compliqués à exécuter puisqu'il faut mettre à part les salaires de plus de 5 francs par jour pour n'ajouter que 1/4 de l'excédent, et mettre encore à part les salaires des apprentis pour les compléter jusqu'à une somme déterminée qui est le gain quotidien du journalier ordinaire.

Classification des industries. Tarif des risques. — Mais surtout il faut déterminer le coefficient qu'il y a lieu d'appliquer à chaque établissement en raison *des risques* qu'il fait courir à ses ouvriers. Là est l'une des grosses difficultés d'application de la loi. Les statistiques d'accidents manquent complètement pour certains corps de métiers, sont très incomplètes pour d'autres.

Cette base précise manquant, c'est par l'inspection des conditions d'établissement des ateliers, c'est par une appréciation du Comité de la corporation basée à la fois sur les quelques éléments statistiques et l'estimation personnelle des inspecteurs, que se fait la répartition des ateliers dans les différentes classes de risques, et l'attribution dans la classe d'un coefficient spécial à chaque atelier.

Le premier exercice de 15 mois (1er oct. 85 — 31 déc. 86) est clos ; il s'agit de répartir les dépenses entre les intéressés ; c'est avec peine que la plupart des corporations arrivent à faire tant bien que mal une classification contre laquelle beaucoup réclament. L'expérience aidant, la classification se perfectionnera ; mais malheur à ceux qui seront lésés par le classement actuel, les versements faits resteront acquis.

Constitution financière des corporations. — Jusqu'ici nous n'avons indiqué comme éléments de dépenses, que les frais, les secours aux blessés, et les pensions annuelles aux invalides, veuves, etc. C'est, sans doute, une façon de s'exprimer ; car, qui dit pension et caisse d'assurances, dit constitution d'un capital qui placé à fonds perdu garantit le payement des rentes. Il faut constituer une réserve pour les risques en cours. Ainsi opèrent toutes les sociétés d'assurance qui ne trompent pas leurs abonnés, et toutes les sociétés de secours qui ne sont pas créées à l'aveugle. Sans doute doit-il en être de même des corporations d'assurances en Allemagne, et doivent-elles constituer non seulement cette réserve mathématiquement exigible, mais encore une réserve de prévoyance ?

Cela devrait être. Mais si cela était, au bout de peu d'années un capital considérable serait entre les mains des corporations ; et chacune deviendrait un vaste établissement de banque, à moins que l'Etat n'absorbât tous ces capitaux.

Si cela était, dès la première année, il faudrait appeler une cotisation élevée de 10 à 40, peut-être 50 francs par ouvrier, pour certaines industries spécialement dangereuses, et il en résulterait une lourde charge pour l'industrie.

Tel n'est pas le but de M. de Bismarck. Il ne veut pas mécontenter les industriels, et il veut donner satisfaction aux ouvriers. Il veut non pas charger, mais encourager l'industrie nationale.

Il laisse donc de côté les règles d'une prudence qu'il traite sans doute de vulgaire, et, si le Reichstag l'avait cru, il n'aurait demandé chaque année que strictement le remboursement des charges de l'année écoulée. Plusieurs membres firent ressortir la souveraine imprudence et l'injustice de cette mesure : l'imprudence, car comment assurerait-on les payements s'il survenait une crise économique intense, une grande perturbation nationale qui rendrait les perceptions difficiles sinon impossibles ; l'injustice, car un industriel qui se retirera après cinq ou dix années de fonctionnement de cette loi, n'aura payé que des annuités relativement faibles et laissera aux nouveaux venus la charge de tous les invalides, de toutes les veuves, de tous les orphelins qu'il aura pendant ces cinq ou dix années abandonnés à la corporation. Et il ne faut pas croire que les extinctions équilibreront rapidement les charges nouvelles, les statisti-

ciens officiels allemands ont eux-mêmes établi, dans un travail qui a été distribué au Reichstag au moment de la discussion de la loi, que les indemnités formant une somme totale de

668,000 marcs la 1re année
monteraient à. . . . . 4,723,000 marcs la 5e —
atteindraient . . . . . 9,016,000 marcs la 10e —
et. . . . . 12,387,000 marcs la 15e —

et continueraient à augmenter ainsi plus lentement, il est vrai, jusqu'à la 75e année.

Ainsi l'équilibre entre les charges nouvelles et les extinctions, toutes choses égales d'ailleurs, ne serait théoriquement obtenu d'une façon rigoureuse qu'après 75 ans de fonctionnement. Pratiquement, l'accroissement sera très lent après 45 ans. Entrée en vigueur en 1885, la loi fera subir à l'industrie allemande des charges croissantes *d'une façon notable* jusqu'en 1930. C'est un point essentiel à noter.

La commission du Reichstag fut frappée des inégalités si considérables de charges pendant les dix premières années et de l'imprudence d'une organisation qui ne constituait aucune réserve ; et séduite en même temps par l'idée de ne pas augmenter les charges immédiates, elle n'osa imposer le système mathématique des assurances, mais obtint l'approbation du Chancelier pour un système mixte majorant les versements des premières années d'une quantité rapidement décroissante, et constituant ainsi un fonds de garantie ; car ce n'est pas réellement ce que l'on appelle, en langage d'assurances, la réserve pour risques en cours.

La 1re année, il est ainsi perçu pour ce fonds de garantie, trois fois le versement nécessaire aux charges de l'année ; la 2e année deux fois, la 3e une fois 1/2, la 4e une fois, et ainsi de suite jusqu'à la 11e année à partir de laquelle les majorations cessent.

Tandis que les versements successifs devaient être, d'après le système proposé :

la 1re année de. . . . . 668,000 marcs
la 5e — de. . . . . 4,723,000 —
la 10e — de. . . . . 9,016,000 —
la 12e — de. . . . . 10,468,000 —

Ils seront d'après le système voté :

la 1e année de	2,732,000	marcs
la 5e — de	8,501,000	—
la 10e — de	10,819,000	—
la 12e — de	10,468,000	—

Les écarts sont diminués, mais ne l'oublions pas quand plus tard nous aurons connaissance des charges imposées pour la première année, si nous voulons connaître les charges définitives, il faudra au minimum multiplier par 6 ou par 7 les résultats de ce premier exercice.

D'après le n° du 15 mars du journal officiel de l'Office impérial d'assurances *(Amtliche Nachrichten)* les charges pour l'année 1886, résultant des secours et pensions, seront d'environ 1,764,704 marcs, soit 0 M. 51 par ouvrier et par an; et non 668,000 marcs, comme on l'avait prévu, pour 1,615,253 ouvriers soit 0 M.41 par ouvrier et par an; l'augmention par ouvrier et par an est donc, dès la première année, de 0 M.10, soit de un cinquième.

La somme totale à verser dès la première année par les patrons sera donc :

	Dépense totale francs	Par ouvrier et par an francs
Pour les secours et pensions	2,205,880	0,64
Pour la somme à porter au fonds de réserve (300 0/0)	6,617,640	1,92
Pour frais d'administration (environ). . .	1,875,000	0,50
Total	10,698,520	3,06

En moyenne, pour toute l'Allemagne, la charge sera donc d'environ 0,33 à 0,35 0/0 du salaire, soit 1/3 pour cent.

Nous venons de recevoir, il y a quelques jours, les résultats provisoires des comptes de la *corporation minière* pour 1886.

Le rapport général ne paraîtra que dans quelques mois, mais

dès maintenant nous pouvons résumer les résultats comme suit :

	DÉPENSE TOTALE — francs	PAR OUVRIER ET PAR AN — francs
Frais résultant du traitement des blessés au delà de la 13e semaine jusqu'à leur guérison, du pensionnement des invalides, des veuves et des orphelins.	579.104 74	1.67
Somme à porter au fonds de réserve, qui est pour la 1re année de 300 0/0 de frais de secours.	1.737.314 22	4.99
Frais d'administration (environ)	187.500 »	0.53
	2.503.918 96	7.19

Puisque la corporation comprend environ 349,000 ouvriers, c'est donc une somme d'environ 7 fr. 20 c. par ouvrier et par an que les propriétaires des mines auront à verser à la Corporation; soit en moyenne un peu moins de 1 0/0 du salaire.

Un aperçu de la situation annuelle publié par la section de Westphalie montre que si, en moyenne pour 1886, les charges de l'assurance contre les accidents formeront 0,90 0/0 du salaire, ces frais varieront pour les mines de houille suivant la nature des exploitations de 0,26 0/0 pour les travaux les moins dangereux, à 1,68 0/0 du salaire pour les travaux les plus dangereux.

Ce rapport établit que de 0,90 0/0 du salaire en 1886, les charges monteront déjà en 1887 à 1.60/0 et, continueront d'année en année leur mouvement ascensionnel.

Ainsi, dès la seconde année, la dépense par ouvrier associé passera de 7 fr. 20 c. à 12 fr. 50 c. ou 13 fr. Et si nous appliquons les proportions du tableau officiel ci-dessus, qui a certainement tendance à atténuer les charges, nous devons prévoir que la répartition sera :

La 5e	année,	de 22	fr.	par ouvrier assuré,	soit 2 1/2	°/₀ du salaire.
La 10e	—	30	—	—	3 1/2	—
La 15e	—	35	—	—	4 1/4	—
La 50e	—	45	—	—	5 1/2	—

Le tout à la charge exclusive des patrons et seulement en application de la loi sur les accidents.

N'oublions pas que, par application de la loi sur les maladies, il est prélevé au minimum 3 0/0 sur les salaires dont 1 0/0 est fourni par les patrons.

En vertu de ces deux lois, les *propriétaires de mines* payeront donc :

La 1re année, environ. . . . . 1 3/4 à 2 » 0/0
La 5e année ils payeront déjà 3 1/2
La 10e année ils payeront 4 1/2

et quand l'état d'équilibre sera atteint, l'application des deux lois imposera au minimum aux patrons une charge de 6 1/2 à 7 0/0 du salaire payé.

Pour une industrie très peu dangereuse, comme l'*industrie textile*, par exemple, les charges imposées par la loi sur les accidents ne seront guère la première année que de 0,15 à 0,16 0/0 du salaire ; pour ces industries qui font courir le moins de risques d'accidents à leurs ouvriers, comme le montrent les statistiques, les charges totales, en vertu des deux lois, seront donc de 2 1/2 à 3 0/0 du salaire.

Ce n'est pas tout, l'Empereur a plusieurs fois exprimé au Reichstag son désir de voir voter la loi sur les *caisses de retraite;* d'après les calculs les plus généralement admis, le service de pensions, montant à un minimum de 1 fr. par jour, ne peut être assuré sans un versement d'au moins 5 0/0 sur les salaires. Qui supportera cette charge ? C'est là la grosse difficulté ; nous ne ferons pas d'hypothèse. Mais au moins pouvons-nous faire l'addition des charges et dire qu'au moment du fonctionnement normal, les dépenses seront à la charge :

	Des ouvriers	Des patrons
En vertu de la loi des accidents	0	3 à 7 0/0 du salaire.
— maladies.	1	2 à 3 —
— retraites.	5 0/0	—

Nous ne cherchons pas à prévoir dans quelle proportion patrons et ouvriers supporteront la charge qu'imposera la loi sur les retraites, mais, dès maintenant, nous pouvons dire que les charges totales imposées à l'industrie par l'application des trois lois seront en moyenne, d'environ 11 0/0 du salaire pour les industries peu dangereuses comme les industries textiles ; et de 15 0/0 du salaire pour les industries dangereuses, comme celles des mines, des transports, des scieries, etc. Elles seront d'ailleurs beaucoup plus élevées pour certains groupes d'ouvriers, par suite de l'application des tarifs de risques.

Il faudra que la situation générale soit bien modifiée pour que l'industrie puisse supporter une pareille charge. Avec les tendances à généraliser les assurances pour tous les ouvriers quels qu'ils soient, c'est donc une surcharge qui s'appliquera à toute l'industrie.

MESURES POUR PRÉVENIR LES ACCIDENTS. — Constater les accidents, accorder des indemnités et pensions aux victimes, puis répartir ces charges entre les patrons en tenant compte des risques propres à chaque industrie et des risques spéciaux à chaque établissement, est-ce suffisant? Assurément non; il n'est pas admissible qu'un industriel négligent puisse indéfiniment mettre à la charge de la corporation les pensions des victimes des accidents produits chez lui et puisse continuer à maintenir des installations défectueuses (1).

L'assurance obligatoire entraîne donc la surveillance obligatoire de toutes les parties des établissements par des inspecteurs ayant autorité pour prescrire des mesures de précaution, des transformations intérieures, etc.

L'Alsace que nous trouvons toujours en tête du progrès dans les questions industrielles comme dans les questions sociales, a eu l'honneur de créer sur le continent la première association des propriétaires d'appareils à vapeur.

C'est aussi la Société Industrielle de Mulhouse qui, en 1867, sur la proposition d'un homme de bien, M. Engel Dollfus, créait la *première association pour prévenir les accidents de machines*.

L'œuvre a produit les effets qu'on en attendait. Quand on parcourt les rapports annuels de cette association et qu'on voit les nombreux dispositifs pour prévenir les accidents qui ont été essayés, perfectionnés, puis définitivement adoptés grâce à la persévérante

(1) La statistique officielle relative à l'année 1886 vient de paraître, elle établit que sur 3,421,866 ouvriers membres de corporations, il y a eu :

	Nombre totale	Par 10,000 ouvriers
Ouvriers atteints de blessures ayant causé une incapacité de travail de 13 semaines à 6 mois.	2.393	7
Ouvriers atteints d'invalidité partielle permanente	3.636	10.6
Id. totale permanente .	1.701	5
Ouvriers tués.	2.683	7 8
Totale.	10.414	30.4

énergie des inspecteurs de cette association, on comprend que les accidents aient diminué dans une proportion considérable.

Il y a trois ans à peine que l'exemple donné par l'Alsace a été suivi en France, et l'*Association parisienne pour prévenir les accidents de travail* en est encore à ses débuts (1). On ne peut que souhaiter de la voir marcher sur les traces de sa devancière de Mulhouse ; il y a lieu d'espérer qu'avant peu, encouragés par les résultats obtenus par les associations de propriétaires d'appareils à vapeur, les industriels français formeront librement dans tous les grands centres des associations pour prévenir les accidents de machines et en général les accidents industriels.

En Allemagne, le gouvernement s'est emparé de l'idée et, par une loi récente, a créé un corps d'inspecteurs chargés de surveiller les établissements au point de vue de la sécurité des ouvriers. Ils sont actuellement au nombre de 22, croyons-nous.

Cette création n'a pas été étendue à l'Alsace à cause de l'existence de *l'association pour prévenir les accidents*.

C'est ce corps d'inspecteurs qui est mis par la loi à la disposition des corporations pour exercer la surveillance et ordonner les mesures de sécurité ; d'ailleurs si les corporations peuvent s'adresser à ces inspecteurs, elles peuvent aussi nommer des inspecteurs spéciaux qu'elles prendront entièrement à leur charge. Mais ce qui est absolument exigé, c'est l'organisation dans chaque corporation d'une inspection par un personnel technique spécial; ce qui est défini, c'est le pouvoir donné à ces inspecteurs d'ordonner des mesures de sécurité exécutoires dans un délai plus ou moins long. Les corporations doivent rédiger des règlements pour prévenir les accidents, qui seront adoptés par un comité composé mi-partie de patrons et d'ouvriers élus par leurs pairs et qui fixeront les devoirs des patrons et ceux des ouvriers ; contre les uns et contre les autres, le règlement doit établir des pénalités, dont le montant est versé à la Caisse de la corporation.

Extension de l'assurance. — Telle est, trop longuement quoique incomplètement décrite, cette organisation des corporations ; elle

(1) Fondée en 1884, sous la direction de MM. E. Müller, A. Chaix, etc. Cette association, qui pourrait exercer une si utile influence, n'a encore que 500 à 600 adhérents. Son siège social est 6, Chaussée-d'Antin. Nous croyons savoir qu'il existe aussi à l'état d'essai une association de ce genre à Rouen.

visait les ouvriers industriels employés dans des fabriques munies de moteurs mécaniques ; la définition établie par l'article premier de la loi était assez vague, et d'ailleurs un dernier alinéa donnait à l'Office impérial le pouvoir de décider sur la question de l'obligation de l'assurance.

Dès qu'il fut question d'assurance obligatoire, la presse officieuse et autre s'empara de la question, vanta les bienfaits futurs de la loi, et détermina un véritable entraînement vers l'assurance.

Le mot d'ordre venait de haut, l'Office faisait droit à toutes les requêtes et, toute la grande industrie étant déjà enrégimentée, par une série de décisions rattachait, dans le courant de 1885, aux corporations existantes près de 50,000 établissements n'occupant pas même 110,000 ouvriers, soit moins de 2 ouvriers par établissement : c'est-à-dire que la démocratisation de l'assurance était déjà poussée loin par voie d'arrêtés.

Pendant ce temps, les projets de loi se succédaient au Reichstag; l'un était voté le 28 mai 1885, et étendait les assurances contre la maladie et contre les accidents à tous les employés des chemins de fer, postes, télégraphes, arsenaux, constructions publiques.

Le 5 mai 1886, une nouvelle loi était votée qui étendait les assurances à tous les ouvriers agricoles et forestiers.

Actuellement s'étudie une loi d'assurance en faveur des marins et une loi en faveur des ouvriers appartenant aux chantiers provisoires de travaux publics.

La tendance est donc à la généralisation, à l'extension indéfinie des assurances ; comment, en effet, justifier l'exclusion de tel et tel groupe ouvrier ?

Pourquoi assurer le fileur ou le tisseur, et ne pas assurer le voiturier ; pourquoi assurer le mineur, et pas l'ouvrier agricole ? C'est sans doute que tel métier est plus dangereux qu'un autre ; jetons les yeux sur quelques statistiques (1), et nous voyons que par 10,000 ouvriers, et par an, les filatures en blessent 71, les mines de houille 180, les travaux de maçonnerie et de charpenterie 250, les carrières 280, les ateliers mécaniques 360, les scieries mécaniques 540, les industries de transport 670.

(1) Voir dans Ugo Mazzola, L'assicurazione degli Operai, Roma 1886, une série de tableaux statistiques communiqués par diverses Sociétés d'assurances contre les accidents de Leipsig.

Si nous cherchons les industries les plus meurtrières, une statistique allemande (1) montre que par 10,000 ouvriers et par an,

Les houillères en tuent	33.7
Les entreprises de transport	33.3
Les constructions de chemins de fer	29.4
Les carrières	23.4
Les brasseries	18.6
Les travaux de maçonnerie et charpenterie	13.5
Les usines à fer	5.8
Les filatures	2.3

Prenons la statistique officielle suisse pour 1884, nous voyons que par 10,000 hommes et par an,

Le camionnage et le roulage en tuent	37.3
Les mines et carrières	34.7
La sylviculture	27.4
Les services domestiques	26.3
La construction des chemins de fer, ponts, etc.	20.1
La construction des bâtiments	14.5
La chasse et la pêche	13.5
L'agriculture et l'élevage des bestiaux	9.9
La fabrication des machines et outils	7.8
La fabrication des produits chimiques	7.6
L'industrie textile	5.1

Le mouvement de généralisation des assurances obligatoires contre les accidents est donc justifié ; les statistiques concordent et prouvent que le camionnage et le roulage, que le travail des forestiers sont à peu près aussi meurtriers que le travail des mines ; que les domestiques courent plus de dangers que la plupart des ouvriers d'usines.

Les accidents de mines, d'usines, sont plus retentissants ; ces grandes catastrophes, qui reviennent de loin en loin, frappent

(1) Même ouvrage.

l'imagination, impressionnent le public; la presse s'en empare, on décrit les détails navrants. Mais on ignore cette multitude d'accidents isolés qui arrivent chez le petit industriel, chez le petit fabricant, chez le paysan.

Du moment que la loi est intitulée loi d'assurance des ouvriers, il faut qu'elle atteigne tous les ouvriers exposés à des dangers, et non quelques groupes plus denses, plus apparents; c'est ce que faisait remarquer, avec beaucoup de force, le rapporteur de la minorité de la Commission au Reichsrath autrichien. Soyons logiques et ne favorisons pas un million d'ouvriers industriels pour négliger plus de 6 millions d'ouvriers agricoles, forestiers, et des petites industries les plus variées.

Soyons logiques et proposons, comme le Grand Conseil du canton de Neuchâtel, l'*assurance mutuelle obligatoire pour tous les habitants du canton*.

Entre l'assurance des ouvriers mineurs, par exemple, qui, pour certaines personnes, est le point de départ, et cette assurance mutuelle obligatoire pour tous les habitants, où trouvera-t-on le point de démarcation? On plante une borne le 15 juillet 1884 en Allemagne, il faut la reporter plus loin le 28 mai 1885, plus loin encore le 5 mai 1886; on est en train de la déraciner encore, et on cherche un terrain solide où la replanter; mais tandis qu'on jalonne la place, on creuse un trou plus loin encore.

Ceci est vrai pour l'Allemagne, nous le montrerons pour l'Autriche, dont la Chambre des Députés vote un projet de loi le 5 juin 1886 et, le même jour, vote des résolutions qui invitent le gouvernement à donner de tout autres limites à l'assurance.

Pour la Suisse, qu'il nous suffise de citer les dates successives de ses différentes lois sur les accidents de fabrique: 1875, 1877, 1881, et 1886; en même temps que le Conseil National vote une loi étendant la responsabilité à quelques cas nouveaux en 1886, il invite le Conseil Fédéral à faire étudier l'assurance obligatoire pour tous les ouvriers.

Maintenant que nous avons vu ce qu'est l'assurance obligatoire en Allemagne, quelques mots nous suffiront à caractériser ce qui s'est fait en Autriche et en Suisse.

II

Les lois de Patronage et d'Assistance ouvrière en Autriche (1).

En Autriche, la question ouvrière s'est présentée sous un aspect assez spécial à l'origine et a toujours emprunté au caractère fédéraliste, décentralisateur, de la majorité du Reichsrath une forme très différente de celle que nous venons d'étudier en Allemagne.

Loi sur l'industrie du 20 décembre 1859. — A la suite de la grande secousse politique et militaire de 1859, l'Empire autrichien entra dans une voie toute nouvelle de libéralisme, et une loi générale sur l'industrie du 20 décembre 1859 rompit le faisceau des anciennes corporations et proclama l'indépendance des ouvriers quant au choix et à l'apprentissage des métiers.

Grâce au régime nouveau institué par cette loi, la grande industrie put naître en Autriche et se développa rapidement.

Mais la liberté conduisit ou parut, au moins à certains esprits, devoir conduire à l'anarchie; l'apprentissage était négligé, les ouvriers formés à la rude discipline des anciennes coutumes vieillissaient et la nouvelle génération ne possédait pas les mêmes qualités de solide instruction pratique et de discipline; aussi quand l'évolution politique eut appelé au pouvoir un ministère soutenu par les conservateurs et les fédéralistes slaves, il y eut un retour partiel en arrière.

Loi modifiant la loi sur l'industrie (15 mars 1883). — La loi du 15 mars 1883 modifia la loi sur l'industrie de 1859, en rendant obligatoires à nouveau les corporations pour les industries de métiers, mais non pour la grande industrie de fabriques. Formés par un apprentissage strictement réglementé, astreints à des stages et à des épreuves subies devant les patrons, les compagnons furent en même temps assurés à des associations corporatives basées sur

(1) Voir sur cette question notre travail sur les *Lois de Patronage et d'Assistance ouvrière en Autriche*. — Imp. Chaix, mars 1887.

la mutualité et alimentés pour 2/3 par les patrons et pour 1/3 par les ouvriers.

Ainsi dès 1883, avant l'Allemagne, l'Autriche, organisait l'assurance obligatoire, mais seulement pour les ouvriers des corps de métiers, c'est-à-dire de la moyenne industrie.

Le point de départ n'est pas le même que celui de l'Allemagne, mais la tendance de généralisation de l'assurance se montra en Autriche aussi vite qu'en Allemagne.

D'ailleurs, la question de la responsabilité civile causait de nombreux procès et motivait de nombreuses réclamations. Le Code civil autrichien n'admet la culpabilité du patron que s'il y a eu faute grave constatée.

Imitant ce que l'Allemagne avait fait en 1871, le Gouvernement autrichien voulut en 1877 étendre les limites de la responsabilité des patrons. Mais, dès ce moment-là, l'opinion publique en Allemagne se déclarait contre le développement de la responsabilité, développement dont nous avons vu les graves inconvénients; aussi après de longs débats, le projet fut-il abandonné et remplacé en 1883 par un projet de loi d'assurance contre les accidents pour les ouvriers de fabrique (grande industrie) et de métiers (moyenne industrie).

Projet de loi sur l'assurance contre les accidents. — L'étude de ce projet fut très approfondie; et le 5 juin 1886, fut enfin adopté à l'unanimité par la Chambre des député un projet que la Chambre des Seigneurs a voté à son tour le 17 février 1887, mais en le modifiant légèrement; de sorte que le projet doit être soumis à nouveau à la Chambre des députés.

Cette loi est, dans son ensemble copiée sur la loi allemande, mais elle en diffère cependant sur plusieurs points essentiels.

Les principes fondamentaux de la loi sont :

1° Exclusion des établissements privés d'assurance, et de la participation financière de l'Etat sous une forme quelconque;

2° Création d'établissements d'assurance obligatoire basés sur le principe de la mutualité et sur la subdivision territoriale du pays;

3° Adoption pour la gestion de ces établissements des principes rigoureux de la science des assurances ; c'est-à-dire formation im-

médiate du capital de garantie pour les assurances conclues et paiement d'annuités suivant des tarifs fixes;

4° Participation simultanée des patrons et des ouvriers aussi bien dans les charges que dans la gestion;

5° Origine des secours partant de la cinquième semaine;

6° Limitation de l'obligation de l'assurance aux ouvriers qui sont exposés aux dangers résultant de l'emploi des machines dans l'industrie et la grande exploitation agricole.

La loi allemande est centralisatrice, grâce à l'adoption de grandes corporations d'Empire et à l'action prédominante de l'Office Impérial.

En Autriche, la centralisation corporative fut rejetée et remplacée par le régime d'établissements strictement limités aux frontières des diverses provinces.

L'élément slave craignit d'être asservi par l'élément allemand, l'élément conservateur catholique par l'élément libéral chez les patrons, socialiste chez les ouvriers. Quant à l'Office impérial, il ne subsiste en Autriche que sous forme d'un comité consultatif et non exécutif.

Dès l'origine de la discussion, tous les partis dans le Reichsrath furent unanimes à rejeter la coupable imprévoyance du système allemand qui reporte sur l'avenir toutes les charges, et à adopter le système consistant à constituer année par année le capital nécessaire au service des pensions, en y joignant de plus un double fonds de réserve destiné à parer aux charges exceptionnelles.

Les *secours médicaux et pharmaceutiques* quelle que soit la durée du traitement, doivent rester à la charge de la Caisse des maladies; mais c'est déjà à partir de la cinquième semaine que les pensions et allocations journalières sont à la charge de la Caisse d'assurance contre les accidents.

L'*allocation aux blessés* est, en cas d'invalidité complète, de 60 0/0 du gain journalier, ou d'une fraction de ce total si l'invalidité n'est que partielle.

L'*allocation en cas de décès* aux veuves et orphelins ne peut dépasser en totalité 50 0/0 du gain à répartir entre chacun des ayants droit.

Sur la question de la *répartition des charges* l'accord n'est pas

encore intervenu entre les divers pouvoirs publics; le gouvernement avait proposé de mettre :

25 0/0 de la cotisation à la charge des ouvriers,
et 75 0/0 à la charge des patrons.

La Chambre des députés réduisit à 10 0/0 la cotisation des ouvriers mais maintint pour tous les ouvriers l'obligation de participer aux charges.

Le vote récent de la Chambre des seigneurs dispense de participer aux charges de l'assurance tous les ouvriers qui ne gagnent pas au moins un florin par jour, c'est-à-dire plus de la moitié des ouvriers par suite du taux si faible de la main-d'œuvre en Autriche.

Il semble probable que le vote de la Chambre haute sera, quoique à contre-cœur, ratifié par la Chambre des députés.

La *gestion* est entre les mains d'un comité composé :
pour 1/3, de patrons élus par leurs pairs;
pour 1/3, d'ouvriers élus par leurs pairs;
pour 1/3, de personnes élues par le Conseil de la province.

Dans le *tribunal arbitral*, ces trois éléments se retrouvent :

Le président est un juge choisi par l'Empire, deux assesseurs sont choisis par le ministre, et des deux autres, l'un par les patrons, l'autre par les ouvriers.

L'*inspection technique* est organisée également de façon à ce que les défauts d'installation, les dispositions dangereuses puissent être constatées et corrigées, si possible, avant que l'attention soit attirée sur elles par quelque grave accident.

Un article spécial permet, sous certaines conditions, la transformation partielle ou totale de la rente en un capital versé une fois pour toutes; ce qui, dans bien des cas, est un grand avantage pour les ouvriers.

PROJET DE LOI SUR L'ASSURANCE CONTRE LA MALADIE.—Ce projet de loi déposé par le gouvernement sur le bureau de la Chambre des députés dans l'automne 1885 a été étudié avec grand soin et modifié dans plusieurs de ses parties par la Commission de l'industrie qui a remis son rapport il y a un an. La discussion est en cours en ce moment (mars 1887) à la Chambre des députés.

Les dispositions principales de cette loi sont les mêmes que celles adoptées en Allemagne; l'assurance est basée sur la mutualité et sur l'application personnelle de chaque intéressé à une caisse d'assurance.

L'assurance s'étend dès maintenant sur *tous les ouvriers industriels;* et le ministre, par simple arrêté, pourra y comprendre les *ouvriers agricoles et forestiers* d'une ou plusieurs provinces.

L'assurance est réalisée par des *types variés de Caisses*; en effet le gouvernement a voulu avant tout utiliser ce qui existe, en se contentant de perfectionner ce qui a été créé par les lois antérieures ou par l'initiative privée.

Les différentes caisses de types divers existant dans une même province seront associées entre elles; et formeront une *Caisse centrale provinciale* qui gérera un fonds de réserve constitué par des versements de chaque caisse.

Les *secours* seront accordés au minimum pendant 20 semaines et au maximum pendant un an; ils consisteront en soins médicaux et pharmaceutiques, et en une allocation montant à 60 0/0 du gain journalier moyen.

Le projet accorde aussi des secours aux femmes en couches pendant au minimum quatre semaines; il est en cela plus libéral que la loi allemande qui exclut ce cas, sous prétexte que l'accouchement est une fonction naturelle.

Les *cotisations* sont pour 2/3 à la charge des ouvriers et pour 1/3 à la charge des patrons. La part supportée par les ouvriers ne pourra dépasser 3 0/0 de leur salaire.

Chaque *Caisse* constituera un fonds de réserve; il devra être porté annuellement à ce fonds 2/10 du total des cotisations annuelles; mais ce capital ne pourra dépasser deux fois les dépenses annuelles de la caisse.

La *gestion* est entre les mains d'un comité composé pour un tiers de délégués des patrons, pour deux tiers de délégués des ouvriers. Elle s'exerce sous le contrôle des autorités provinciales d'une part et d'autre part sous la surveillance du Comité de la Caisse provinciale, Comité qui n'était autre que celui de la corporation d'accidents.

PROPOSITIONS EN VUE DE GÉNÉRALISER LES ASSURANCES. — La même tendance à généraliser le rayon d'action des assurances, nous la

trouvons en Autriche. Comme en Allemagne, cette tendance s'appuie sur la vue des souffrances qui atteignent aussi bien le paysan, le forestier que l'ouvrier de fabrique; les renseignements que fournit la statistique justifient ces propositions. Aussi la Chambre des députés vota-t-elle le même jour la loi sur l'assurance contre les accidents et une motion invitant le gouvernement à étendre cette assurance à tous les ouvriers industriels, agricoles et forestiers.

Mais comment réaliser pratiquement le fonctionnement de cette assurance? Comment distinguer le paysan qui est patron et qui doit par conséquent payer, de celui qui est ouvrier et qui doit être assuré? C'est là une difficulté qui semble inextricable. Car, enfin, le paysan petit propriétaire court-il moins de risques que ses ouvriers, et pourquoi ne pas l'assurer lui aussi? N'est-il pas suivant les jours ouvrier ou patron?

Ainsi l'Autriche est, comme l'Allemagne, acculée aux difficultés que suscite le développement logique du principe d'obligation.

III

Les lois d'Assistance ouvrière en Suisse.

La Suisse a jusqu'ici cherché à résoudre la question de la protection des ouvriers en évitant de se lancer dans l'assurance obligatoire.

Jusqu'en 1875, les lois cantonales, dans leurs variétés infinies existèrent seules; le 1er juillet 1875, une première loi fédérale imite la loi allemande de 1871, et stipule que « toute entreprise de chemins » de fer ou de bateaux à vapeur est responsable pour le dommage » résultant des accidents survenus dans l'exploitation, et qui ont » entraîné mort d'homme ou lésions corporelles, à moins que l'en- » treprise ne prouve que l'accident est dû à une force majeure, » à la négligence ou à la faute des voyageurs ou d'autres person- » nes non employées pour le transport, sans qu'il y ait eu faute » imputable à l'entreprise. »

L'entrepreneur doit plaider coupable et est présumé fautif.

En cas de *blessures*, l'indemnité comprend les frais de traitement et le préjudice pécuniaire causé par l'incapacité de travail.

En cas de *mort* une indemnité est due en outre aux parents.

L'*indemnité* est fixée par le tribunal sous forme d'un capital ou d'une rente.

Le tribunal peut fixer les indemnités suivant son appréciation propre, sans être limité par aucun article de loi.

En 1877, devançant l'Allemagne, la Suisse promulgue une LOI SUR LE TRAVAIL DANS LES FABRIQUES qui réglemente d'une façon très sévère l'*organisation* des ateliers et fabriques ; organise une *inspection fédérale* pour prévenir les accidents; et établit la *responsabilité des patrons*. Cette loi rend le fabricant responsable d'une façon absolue des cas fortuits, des imprévoyances de ses ouvriers ; il est même responsable de certaines maladies qui peuvent être considérées comme la conséquence du travail. Le risque professionnel est admis avec toutes les lourdes charges qui en résultent pour celles des industries que vise la loi dont la nomenclature est d'ailleurs assez incomplète. Cette loi avait été rédigée rapidement, n'avait pas été approfondie ; pas plus que celle de 1875 elle ne traçait des règles aux juges pour l'estimation des dommages ; aussi l'application fut-elle très variable suivant les cantons; la sévérité de certains tribunaux fut écrasante.

Les plaintes furent si générales que cette loi du 23 mars 1877, qui concernait d'une façon générale « le travail dans les Fabriques », fut complétée, atténuée sous certains rapports par la loi sur la RESPONSABILITÉ CIVILE DES FABRICANTS du 25 juin 1881.

Cette loi maintient le risque professionnel, mais établit une responsabilité graduée suivant qu'il y a eu *faute du fabricant*, qu'il y a eu *accident fortuit*, ou qu'il y a eu *faute de la victime*. Elle fixe d'ailleurs un maximum pour les pensions et secours, que, de 1877 à 1881, les tribunaux élevaient parfois à des chiffres tout à fait exorbitants.

L'article 6 de cette loi dit en effet : « Le juge fixe la quotité de » cette indemnité, en prenant en considération l'ensemble des cir- » constances de la cause, mais, même dans les cas les plus graves, » il ne peut allouer une somme supérieure en capital à six fois le » montant du salaire annuel de l'employé ou de l'ouvrier, ni » excéder la somme de six mille francs... Le juge peut, avec

» l'assentiment de tous les intéressés, substituer au paiement d'un » capital l'allocation d'une rente annuelle équivalente. »

Dès 1882 la tendance s'accentuait d'étendre à toutes les industries le droit spécial des fabriques, et finissait par aboutir à une motion votée le 25 mars 1885 par le Conseil National, motion qui invitait le gouvernement « à reviser les lois de 1875 et de 1881 dans » le sens de l'extension de la responsabilité, et à étudier la » question de savoir s'il n'y aurait pas lieu d'organiser une *assurance* » *générale obligatoire* des ouvriers contre les accidents. »

Le gouvernement étudie, puisque le Conseil National le lui a demandé, la question de l'assurance générale obligatoire ; mais il donne à entendre qu'il ne pourra de longtemps être en mesure de présenter un rapport appuyé sur des données assez certaines pour conclure sous forme de projet de loi. « On doit bien se garder, » lisons-nous dans le Message du Conseil fédéral à l'Assemblée » fédérale en date du 7 juin 1886, de faire à l'aventure des dé- » marches qui peuvent avoir de graves résultats et qui sont liées » à la prospérité du pays tout entier. » Aussi présente-t-il pour le moment un projet revisant la loi en vigueur sur la responsabilité, sous forme d'extension à quelques autres industries.

Après de longues délibérations, le Conseil National a voté le 1er décembre 1886 ce projet de loi étendant la loi de 1881, mais n'en modifiant pas les bases.

Cette loi établit la responsabilité civile du patron, pour le dommage causé à un employé ou un ouvrier tué ou blessé, toutes les fois qu'il occupe *plus de cinq ouvriers* dans une série d'industries désignées. Ainsi cette loi étend le principe de la responsabilité du risque professionnel, mais le limite en même temps d'une façon absolument arbitraire. Un ouvrier bénéficiera des avantages de l'assurance si son patron occupe six ouvriers ; il en sera exclu s'il n'y a que quatre ouvriers. Une législation qui présente de pareilles anomalies ne peut subsister, tout le monde le sent. Mais en Suisse, le législateur doit toujours se préoccuper de la votation populaire, du référendum ou vote populaire, qui peut être demandé pour toutes les lois. On évite d'étendre la responsabilité aux petits patrons pour éviter de les voir voter contre la loi. C'est de l'opportunisme. Ce n'est pas une question de principe.

D'ailleurs, il semble, d'après les renseignements qui nous sont

parvenus, que ce projet est appelé à être profondément modifié par le Conseil des États qui doit l'examiner dans sa prochaine session.

Imitant le Reichsrath autrichien, le Conseil National votait cette loi, et le même jour votait aussi deux postulats dont l'un demande une nouvelle extension de la loi et l'autre la « continuation aussi » prompte que possible de l'étude en vue de l'assurance *générale* » *obligatoire officielle* des ouvriers contre les accidents ».

IV

Résumé général de la question et conclusions.

Nous avons terminé ce trop long exposé. Cherchons à saisir les principes qui s'affirment dans tous ces projets de lois ou dans ces lois elles-mêmes et guident les délibérations. Au milieu de ces faits si divers, une tendance commune apparaît dans tous les pays : la substitution de l'assurance obligatoire à la responsabilité individuelle dont l'extension et l'aggravation n'ont conduit qu'à d'innombrables et coûteux procès ; puis le développement indéfini du rayon d'action de l'assurance.

Dès qu'on touche à cette question on est dans la situation du malheureux qui a laissé saisir un pan de sa veste par un arbre de transmission ; il a beau lutter, il est entraîné invinciblement et broyé.

Aucun pays n'a pu s'arrêter même un an dans cette voie de la généralisation des assurances. Mais puisqu'il faut accepter cette logique irrésistible et envisager comme une nécessité l'extension illimitée de l'assurance, quant au nombre des intéressés, limitons au moins les charges, stipulons d'une façon précise ce que nous accordons dans chaque cas et faisons un état de prévisions. Dès le premier pas le terrain se dérobe : les bases manquent pour les évaluations.

Sur quoi ont été établis tous les calculs de la loi allemande ? Sur une statistique générale hâtivement faite en 1882 et comprenant seulement 4 mois (août à novembre). Et dans aucun autre pays

n'existe même un travail approchant de celui-là comme précision et amplitude.

Aussi quand les Chambres fédérales suisses demandent au gouvernement de lui présenter un rapport sur l'assurance obligatoire et ses charges, celui-ci est obligé de répondre que « cette étude » exige de longs travaux préparatoires » et n'ose s'engager à aucune date pour le dépôt d'un projet.

Mais, dira-t-on, s'il est dangereux de s'avancer comme l'Allemagne sans constituer de capital de réserve, imitons l'Autriche et appelons année par année les sommes mathématiquement nécessaires pour assurer le service des pensions ; soit, mais alors si nous étendons par analogie sur l'ensemble des corporations allemandes les résultats fournis pour 1886 par la corporation minière, et si nous calculons le capital de garantie en suivant la méthode qu'indiquait le docteur Gallus à la corporation de la Brasserie, nous trouvons que c'est un capital de plus de 50 millions de francs qui devrait être versé par les industriels en Allemagne comme garantie des rentes constituées pendant la première année. Cette somme annuelle se rapporte à 3 millions d'ouvriers ? Que sera-t-elle quand la loi étendant l'assurance à tous les ouvriers agricoles sera entrée en vigueur ?

Adopter l'assurance obligatoire même restreinte à des groupes limités d'ouvriers, c'est donc s'engager dans une voie où il est impossible de s'arrêter, et qui conduit à des charges que personne actuellement ne peut évaluer avec quelque précision.

Comme l'a dit avec beaucoup de raison M. Cheysson dans une discussion à la Société de législation comparée (1) : « Cette pente » est glissante et il est difficile de s'arrêter à mi-chemin. L'assu» rance contre les maladies et contre les accidents conduit logi» quement à l'assurance contre la vieillesse, contre les chômages, » au droit au travail, au salaire normal ; c'est-à-dire à l'absorption » de plus en plus complète de l'individu par l'Etat qui, sous prétexte » de nous sauver tous, nous courberait tous dans un intolérable » despotisme. »

Au prix de pareils risques, est-il permis au moins d'espérer

(1) Voir Bulletin de la Société de législation comparée. Discussion relative à l'étude de M. R. Merlin sur les lois d'assurance obligatoire en Allemagne.

que le peuple sera plus heureux ? On peut et doit en douter(1). Les pensions ne donneront guère à l'ouvrier que le pain pour ne pas mourir de faim : quelle différence y aura-t-il donc entre les résultats de ces pensions, et les résultats qu'ont donnés les lois des pauvres en Angleterre. On aura ôté à l'ouvrier toute idée de prévoyance et d'économie, tout sentiment de responsabilité personnelle en vue de son avenir.

Ce qu'il faut croyons-nous, c'est guider et encourager l'ouvrier dans la voie de l'économie personnelle ; au lieu de demander tout au patron, encourageons par tous les moyens possibles l'ouvrier à économiser, et défions-nous des solutions qui font appel à l'État. Souvenons-nous des résultats qu'a produits la Caisse de retraites instituée en France par la loi de 1850, et du déficit sans cesse croissant que seul peut combler le budget de l'Etat.

Si l'Etat décrète l'assurance obligatoire, l'organise et la contrôle, il peut bien ne pas la subventionner, mais il ne peut pas ne pas en être moralement responsable. Il en est de cela comme de la question des chemins de fer secondaires, auxquels l'Etat avait donné un simple appui moral à l'origine, et qu'il a été amené à racheter à un taux des plus onéreux.

Il en sera de même pour l'assurance obligatoire. Une fois qu'elle aura été votée, que l'Etat aura homologué les tarifs, il aura assumé la responsabilité morale du fonctionnement. Quoiqu'il s'en défende actuellement, si les tarifs ont été mal calculés, et on manque de bases pour les établir, l'Etat ne pourra pas laisser réduire les pensions qu'il a promises ; il rencontrera une opposition à l'augmentation des charges aussi bien de la part des patrons que de la part des ouvriers ; il sera obligé de parfaire les différences

(1) Les résultats des dernières élections en Allemagne sont là pour donner un démenti aux espérances du Chancelier, qui croyait par sa politique socialiste ramener à l'Empereur les masses ouvrières. Il y a en Allemagne 3 millions d'ouvriers qui jouissent du bénéfice des lois d'assurances, 771,000 voix se sont portées sur les candidats socialistes. Ce parti a gagné 460,000 voix depuis l'année 1881 où le prince de Bismarck a inauguré sa politique nouvelle.

« Les remèdes que le prince de Bismarck, dit M. A. Raffalovich, a imaginés pour » guérir les maux de la société, l'assurance ouvrière contre la maladie et contre les acci- » dents, la protection douanière, les faveurs accordées aux corporations d'artisans, ont » été naturellement impuissants. Ils ont même augmenté l'intensité du mal qu'on voulait » combattre, parce que le gouvernement et les conservateurs ont adopté un jargon socia- » liste, destiné à gagner la sympathie des classes ouvrières, qu'ils ont parlé du droit au » travail, des plaies sociales, qu'ils se sont laissé entraîner à attaquer d'autres classes de » la société, la bourgeoisie, par exemple, oubliant la solidarité commune devant l'ennemi » commun. Le socialisme d'État produit une atmosphère excellente pour développer et » fortifier le socialisme révolutionnaire. »

en faisant appel au budget. L'Etat ne peut laisser protester sa signature.

Avant de pousser la France dans cette voie de l'assurance obligatoire, laissons les pays qui ont commencé l'expérience la poursuivre, et suivons de près les résultats obtenus par eux année par année.

Souvenons nous des félicitations ironiques que le député socialiste Bebel présentait à M. de Bismarck ; et des remerciements qu'il lui adressait pour avoir enfin adopté les maximes de son parti. « C'est » accroître un parti, a dit très justement M. Hübert-Valleroux, que » mettre ses doctrines en pratique. »

Mais, ne nous en tenons pas à une attitude purement expectante, à une opposition purement passive.

Encourageons de toute notre influence le développement des assurances *libres* auxquelles participeront, dans une large part, les patrons, mais qu'alimenteront volontairement les ouvriers ; appelons les ouvriers à gérer, en commun avec les patrons, ces caisses d'assurances ; et faisons-leur sentir ce qu'il y a de grand pour l'homme à se préoccuper lui-même de son avenir, au lieu de faire appel à l'aumône d'une pension qu'il n'aura pas eu le mérite d'alimenter, ne fût-ce qu'en faible partie par son travail et son économie.

Longtemps, les industriels d'une même spécialité se sont, en France, tenus les uns vis-à-vis des autres, dans une attitude de défiance et de réserve. Cette situation s'est heureusement modifiée pour certaines grandes industries ; mais, sous ce rapport, nous sommes encore bien loin de tirer de l'association des intérêts communs les magnifiques résultats qu'obtiennent certaines nations voisines. Chaque grand groupe d'industries devrait avoir son comité central pour la défense des intérêts communs, et devrait, en dehors de l'action momentanée à exercer quand des modifications législatives mettent en question la prospérité même de l'industrie, avoir pour objectifs la création ou la subvention d'établissements d'instruction professionnelle, l'organisation d'une surveillance technique pour prévenir les accidents, et enfin la fondation d'une Caisse centrale de réassurances, à laquelle se rattacheraient toutes les caisses libres de secours et de retraites, dont les statuts seraient rédigés suivant un type déterminé.

Qu'on ne se fasse pas d'illusions, l'évolution des idées, après avoir brutalement rompu les liens coopératifs existant chez nous avant 1789, donne une nouvelle vie aux idées de centralisation et d'association ; et, en particulier, pour ce qui est de l'assurance des ouvriers, ou bien elle sera appliquée largement par la libre initiative des industriels, ou bien elle sera imposée par les pouvoirs publics, qui y trouveront un nouveau et puissant instrument de règne.

Les travailleurs qui seraient enrégimentés plus strictement qu'ils ne l'ont jamais été tant qu'a fonctionné la loi sur les livrets d'ouvriers, les industriels et patrons qui seraient obligés d'ouvrir toutes leurs portes sous prétexte de surveillance technique, et leurs livres sous prétexte de contrôle financier, doivent comprendre qu'ils n'éviteront la servitude de l'assurance obligatoire, qu'en prenant l'initiative de la formation de grandes Sociétés libres d'assurances étendant leur action sur toutes les industries similaires de la France entière.

C'est donc en prenant l'initiative de la formation de corporations d'assurances que les syndicats industriels, que les Chambres de commerce, que les groupes de patrons ôteront aux partisans de l'obligation légale leur principale force.

Il y a quelques années encore les lois françaises sur le droit d'association et de réunion, étaient si restrictives que l'isolement s'imposait aux Sociétés d'assurances et de secours.

A d'autres temps, d'autres mœurs. Les lois ont changé, il faut savoir agir en conséquence. Dans tous les domaines, on sent, en France qu'il faut s'unir pour constituer de puissants organismes ; si l'initiative privée n'opère librement ce groupement, cette concentration, les appels à l'Etat deviendront de plus en plus vifs, et de sa pesante main, il fera ce que devraient faire librement les industriels.

Aussi pouvons-nous conclure avec M. Fawcett :

« Tout projet, quelque bonnes qu'aient été les intentions qui » l'ont fait naitre, accroîtra indéfiniment les maux qu'il cherche à » soulager s'il affaiblit la responsabilité individuelle, s'il encourage » le peuple à compter moins sur lui-même et plus sur l'Etat. »

20 Mars 1887.

TABLE DES MATIÈRES

Pages.

INTRODUCTION. 342

I. — LES LOIS D'ASSISTANCE OUVRIÈRE EN ALLEMAGNE 343

Historique 343

Assurance des ouvriers contre la maladie (loi du 15 juin 1883) 347

Assurance des ouvriers contre les accidents (loi du 6 juillet 1884) 352

Extension des assurances et lois nouvelles. 365

II. — LES LOIS DE PATRONAGE ET D'ASSISTANCE OUVRIÈRE EN AUTRICHE 369

Lois sur l'industrie de 1859 et 1883 369

Projet de loi sur l'assurance contre les accidents (voté par la Chambre des Seigneurs le 17 février 1887) 370

Projet de loi sur l'assurance contre la maladie (en discussion à la Chambre des Députés, mars 1887) 372

III. — LES LOIS D'ASSISTANCE OUVRIÈRE EN SUISSE 374

Loi sur la responsabilité des entrepreneurs de chemins de fer et bateaux à vapeur, en cas d'accidents d'hommes (loi du 1er juillet 1875) 374

Loi sur le travail dans les fabriques (loi du 23 mars 1877. 375

Loi sur la responsabilité civile des fabricants (loi du 25 juin 1881) 375

Projet d'extension de la responsabilité (en délibération devant les Chambres fédérales, 1887) 376

IV. — RÉSUMÉ GÉNÉRAL DE LA QUESTION ET CONCLUSIONS 377

NOTE

SUR

LA LÉGISLATION DES ACCIDENTS

ET L'ASSISTANCE OUVRIÈRE

DANS CERTAINS PAYS ÉTRANGERS ET EN FRANCE

PAR

M. SIMON CANTAGREL

L'exposé fait à la Société des Ingénieurs Civils, dans la séance du 18 février 1887, de l'état actuel de la législation, en ce qui concerne l'assistance ouvrière en Allemagne, en Autriche et en Suisse, semble appeler de suite, comme complément, une étude analogue de la législation en Angleterre, en Belgique, en Italie et enfin en France.

Nous avons voulu entreprendre cette tâche, et, dans ce qui va suivre, nous avons condensé le plus possible les renseignements que nous avons puisés à de nombreuses sources.

Les publications provoquées en France par les propositions de loi concernant les ouvriers mineurs et par le projet de revision de la loi organique de 1810 sur les Mines, nous ont donné nos premiers documents; les rapports, parus il y a un mois à peine, discutés au sein de la Commission royale du Travail, instituée en Belgique en avril 1886, nous ont permis de compléter nos premières études.

C'est le résultat de l'examen de tous ces documents que nous avons l'honneur de présenter à la Société des Ingénieurs Civils, heureux si, de cette étude, ressort pour tous nos collègues la certitude de la nécessité, non pas d'une loi d'assistance spéciale à une corporation professionnelle, mais d'une réforme générale des lois existantes, et d'une réglementation stricte et juste des rapports entre patrons et ouvriers à la suite des accidents.

I

EXPOSÉ

Lorsqu'un travailleur devient victime d'un accident, quel qu'il soit, sa maladie ou sa mort mettent en péril ses ascendants, son conjoint ou ses enfants. La négligence ou l'imprévoyance font que rarement il s'est assuré à lui-même, par l'économie, une réserve suffisante non seulement pour assurer la vie de ceux que sa mort laisse privés de soutien, mais même, lorsque les suites de l'accident ne sont pas fatales, pour subvenir aux besoins de lui-même et des siens pendant la période de maladie.

Dans tous les pays, les chefs d'industrie, généralement plus soucieux du bien-être de leurs ouvriers que ceux-ci ne veulent en convenir, ont cherché à obvier aux conséquences des accidents du travail en formant des Caisses de prévoyance, de retraites et des Sociétés de secours mutuels.

Mais, malgré leurs efforts, les ouvriers semblent, en certains endroits, dans certaines professions, peu disposés à suivre, dans la voie qui leur est ainsi largement ouverte, ceux qui offrent de les aider. Inertie ou défiance, jusqu'à ce jour les diverses Sociétés ou Caisses n'ont pas atteint le développement qu'elles étaient en droit d'espérer.

L'ouvrier est ami de l'indépendance ; il désire s'élever par ses propres efforts, s'affranchir par ses propres moyens et du joug humiliant de l'aumône et des conséquences fâcheuses des conditions de son travail. Nous pensons que ces désirs sont nobles et dignes d'encouragement ; nous estimons que ces sentiments devraient l'inciter à la pratique de la prévoyance volontaire, plus digne et plus fructueuse que la prévoyance obligatoire. Cette dernière semble prévaloir en ce moment pourtant; vous venez de voir quel est l'état de la question en Allemagne, en Autriche, en Suisse; voyons quel il est dans les autres pays et en France.

II

LA SITUATION EN ANGLETERRE

L'ancienne législation anglaise était excessivement dure pour l'ouvrier, et lui donnait la plus grande part de responsabilité dans les accidents. Elle se basait sur ce point que l'ouvrier, constamment en contact avec son travail, est, plus que le patron, en état de prévoir le danger résultant des outils qu'il emploie, ou de surveiller et contrôler les faits et gestes de ses compagnons. Elle établissait en outre que le patron ne pouvait prendre plus de soin de celui qu'il employait que celui-ci n'en prenait de lui-même, et la jurisprudence en arriva bientôt à faire considérer que tout dommage souffert par l'ouvrier devait être présumé dû à sa négligence.

Mais, dans bien des cas, on reconnut que cette doctrine était injuste et excessive, en ce qu'il n'appartenait pas absolument à l'ouvrier de se soustraire aux risques inhérents à la méthode de travail qui lui était imposée, et une loi nouvelle, « Loi sur la responsabilité du patron », fut édictée en septembre 1880.

Cette loi impose au patron la responsabilité de tout accident provenant de son fait personnel, ou du fait de ceux qu'il emploie à la direction ou à la surveillance. La preuve des circonstances de l'accident doit être faite par celui qui se prétend lésé ; en cas de responsabilité établie du patron, la victime ou ses ayants droit reçoivent une indemnité.

Mais l'indemnité n'est pas accordée si l'accident est dû à des défauts dans l'outillage ou dans le mode de travail qui ne pouvaient être prévus par le patron ou ses représentants. Il en est de même dans le cas où l'ouvrier, ayant connaissance des défectuosités, a omis d'en aviser le patron. L'indemnité n'est pas due non plus si les règlements, causes du dommage, ont été approuvés par l'administration supérieure.

Le maximum de l'indemnité est fixé par la loi à une somme représentant le salaire présumé d'un ouvrier de même grade, em-

ployé aux mêmes fonctions et dans le même district que la victime, pendant les trois années qui ont précédé l'accident.

Cette loi avait été votée pour sept années seulement. Les enquêtes ont constaté que les résultats, sans être lourds pour les patrons, ont été avantageux pour les ouvriers, qui ont considéré la loi nouvelle comme un progrès sur la législation antérieure; la Commission parlementaire chargée de rechercher les amendements qu'il y aurait lieu d'apporter à cette loi en a purement et simplement proposé la prorogation et la permanence par un rapport du 11 juin 1886.

Cette législation, on le voit, se rapproche de notre Code civil (art. 1382 et suiv.); mais en Angleterre, en dehors des *Trade's Unions*, les ouvriers disposent de Sociétés de secours mutuels et de Caisses d'assurance qui leur permettent de conjurer les conséquences de l'accident.

Ainsi, les Sociétés de secours mutuels réunissent environ 360,000 sociétaires et possèdent plus de 300 millions de francs. Les ouvriers représentent les 2/3 de l'effectif et les 3/5 de l'avoir social.

Les Sociétés particulières d'assurance ont pris un énorme développement. On en peut citer une qui, en 1880, a touché 40,221,200 francs de primes et a payé à titre d'indemnités 14,095,900 francs.

Enfin, en 1864, l'État a organisé une Caisse d'assurance à laquelle l'Administration postale prête son concours pour la réception des primes, la délivrance des polices et le payement des indemnités. Mais cette Caisse a eu peu de succès et ne fait que végéter.

III

LA SITUATION EN BELGIQUE

Nous allons parler d'abord de l'organisation des Caisses de secours, de prévoyance et de retraites en faveur des ouvriers industriels existant en Belgique ; nous parlerons ensuite des lois actuelles et des projets à l'étude dans ce pays.

Caisses de prévoyance. — Il y a en Belgique deux sortes de Caisses en faveur des ouvriers. Les unes, nommées Caisses particulières de secours, ont pour but spécial d'assurer aux ouvriers malades les soins médicaux et pharmaceutiques et des secours en argent pendant le traitement ; les autres, Caisses communes de prévoyance, instituées par l'association de plusieurs industriels, ont pour objectif le service des pensions aux ouvriers victimes d'accidents, à leurs veuves, etc., et aux invalides du travail.

La première Caisse de prévoyance fut fondée à Liège en 1812, après un accident de mine. Elle disparut avec l'Empire et ne fut rétablie qu'en 1839.

D'après les statuts, les ressources de cette Caisse se composaient :

1° D'une retenue sur les salaires ;

2° D'une subvention des exploitants égale à la retenue ci-dessus ;

3° De dotations et de subsides du gouvernement

4° De donations et legs.

Les premières Caisses de prévoyance ne donnaient d'abord de retraites qu'aux victimes d'accidents, mais elles furent bientôt entraînées à servir des pensions aux ouvriers âgés, incapables de travail.

En 1868, les Caisses de prévoyance furent reconnues d'utilité publique par l'État, et, en 1874, des arrêtés royaux reconstituèrent les Caisses de prévoyance et de secours, réglèrent leur organisation et instituèrent à Bruxelles une Commission consultative spéciale pour toutes les questions d'assistance.

C'est surtout dans les centres houillers que fonctionnent ces Caisses, que l'on pourrait croire instituées seulement en faveur des ouvriers mineurs.

Dans les unes (Luxembourg, Centre, Couchant de Mons, Namur, les versements des ouvriers et des patrons à la Caisse de prévoyance sont égaux et varient, pour chacune des deux parties, de 1 à 1 1/2 0/0 du salaire de l'ouvrier.

Dans les autres (Liège et Charleroi), les versements sont à la charge des seuls exploitants. Leur taux est de 1 1/2 0/0 des salaires.

Les Caisses de prévoyance de chacune des exploitations de ces divers centres sont solidarisées entre elles et forment la Caisse commune de prévoyance.

Les Caisses communes sont, en général, administrées par le gouverneur de la province, président, assisté d'un ingénieur des mines, de cinq à six patrons et de deux à quatre ouvriers.

Le tarif des pensions est revisable chaque année pour mettre les dépenses en harmonie avec la situation budgétaire de la Caisse.

Presque toutes les mines sont affiliées à la Caisse commune du centre houiller auquel elles appartiennent. Quelques exploitations, cependant, sont restées en dehors et ne possèdent que les ressources de leur Caisse particulière.

Voici quelle était, fin 1885, la situation des Caisses communes de prévoyance en Belgique.

Elles étaient au nombre de 6, réunissant entre elles 180 exploitations qui occupent ensemble 101,855 ouvriers.

Le salaire moyen de l'ouvrier mineur est de 2 fr. 80 c. par journée de travail, soit 817 francs par an.

Les recettes des Caisses communes se composent de :

Retenues sur les salaires	258,378 fr.	93
Cotisations des exploitants	1,084,442	39
Subventions de l'État	44,969	47
» des Provinces	9,800	00
Autres recettes	282,865	04
Recettes totales	1,680,455	83

La recette moyenne par ouvrier pour l'ensemble des six Caisses, est :

Retenues sur les salaires	2 fr.	54
Cotisations des exploitants	10	65
Subventions de l'État	0	44
» des Provinces	0	10
Autres recettes	2	76
Moyenne totale par ouvrier.	16	49

Cette répartition accuse, entre la recette par ouvrier due à la

retenue sur les salaires, et celle qui est due à la cotisation des exploitants, une différence plus apparente que réelle pour certaines mines. A Liège et à Charleroi, en effet, il n'est rien prélevé sur le salaire. Si nous considérons les quatre autres Caisses, ces deux moyennes deviendront :

Retenues sur les salaires	5 fr. 51
Cotisations des exploitants.	5 92

Pour la même année 1885, les dépenses ont été :

Pensions	1,401,232 fr.	03
Secours	442,346	30
Frais d'administration	49,430	14
Dépense totale.	1,893,008	47

La répartition des secours et pensions, en 1885, est indiquée par le tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION DES CATÉGORIES	NOMBRE DE PERSONNES par catégorie	MONTANT total DE LA DÉPENSE par catégorie	MOYENNE par PERSONNE
		fr. c.	fr. c.
Pensions viagères.	7.984	1.257.441 04	156 »
— temporaires	2.890	143.730 99	50 »
Secours extraordinaires	2.755	442.346 30	161 »
TOTAUX ET MOYENNES. . .	13.620	1.843.578 33	135 »

On voit, par la comparaison du chiffre des recettes et de celui des dépenses, que ces dernières ont, en 1885, surpassé les premières de 212,552 fr. 64. La diminution de l'avoir est donc, pour 1885, de 3,32 0/0.

Au 1er janvier 1885, l'avoir total des six Caisses était de 6,185,962 fr. 51 et leurs charges annuelles atteignaient 1,716,565 fr. 63.

CAISSES DE SECOURS — A côté des Caisses particulières et communes de prévoyance, avons-nous dit, fonctionnent des Caisses

de secours. Ces Caisses sont alimentées, dans certains endroits, exclusivement par des retenues sur les salaires ouvriers ; ailleurs, les patrons seuls fournissent les fonds de secours ; ailleurs encore, c'est de la participation des ouvriers et des patrons que proviennent les recettes.

La Caisse est généralement administrée par le patron seul; mais le principe de la participation de l'ouvrier dans la gestion de la Caisse de secours commence à prévaloir.

Dans les endroits où il n'existe pas de Caisses de secours, les secours aux malades et aux blessés sont assurés par un compte de secours qui est, annuellement ou mensuellement, ajouté aux frais généraux ou aux frais d'extraction de l'exploitation.

Les recettes des Caisses de secours pour l'année 1885 comprenaient :

Retenues sur les salaires.	Fr.	273.392 41
Cotisation des patrons.		1.181.540 27
Recette totale.		1.454.932 68
Recette moyenne par ouvrier. .		14 28
Leurs dépenses pour la même année s'élevaient à.	Fr.	1.470.030 62

Les dépenses ont donc dépassé les recettes de Fr. 15.097 41

Sociétés de secours mutuels. — Enfin, il existe des Sociétés de secours mutuels. Les lois belges leur donnent toutes facilités, tant pour leur organisation que pour la simplification de la procédure qui les concerne.

Mais, quoique le secours reçu de la mutualité dût, semble-t-il, être plus du goût de l'ouvrier, concorder plus avec ses idées d'indépendance et d'affranchissement que le secours venant de toute autre source, il se crée peu de Sociétés de secours mutuels en Belgique.

Les chiffres suivants montrent que ce pays est, sur ce point, dans un réel état d'infériorité.

On compte en Belgique 10 mutualistes seulement par 1,000 habitants, tandis qu'on en compte 23 en France et 156 en Angleterre.

ÉTUDES DE LA COMMISSION DU TRAVAIL SUR LES CAISSES DE SECOURS ET DE PRÉVOYANCE. — La Commission du Travail, pour se rendre compte des idées des intéressés sur la question d'organisation de l'assistance ouvrière, fit une enquête près des ouvriers et des patrons.

Les ouvriers se sont plaints des conditions trop limitatives imposées pour le droit à pension, du taux très réduit de ces pensions et de l'exclusion des ouvriers de la gestion des Caisses.

Ouvriers mineurs et autres, ils ont demandé la constitution d'une Caisse générale de retraite des travailleurs, gérée par l'État. Suivant les uns, cette Caisse devrait être alimentée par les patrons seuls ou par des prélèvements sur les bénéfices industriels; suivant les autres, les patrons et les ouvriers devraient participer aux versements.

Les patrons ont aussi réclamé la constitution de cette Caisse générale qui permettrait d'alléger les charges des Caisses communes de prévoyance succombant sous le poids de pensions étrangères à leur but originel.

Quant aux Caisses de secours, elles ont été l'objet de plaintes générales des ouvriers, tant à cause de l'insuffisance des secours qu'elles allouent qu'à cause de l'organisation du service médical.

Après s'être livrée à l'étude des doléances des patrons et des ouvriers, la Commission du Travail s'est arrêtée aux constatations et aux conclusions brièvement résumées ci-après.

Les Caisses de prévoyance actuelles ne sont, en réalité, que des institutions de bienfaisance et de philanthropie. Elles n'établissent aucun lien de sympathie entre patrons et ouvriers.

De plus, ces institutions sont dans un état précaire qui compromet la continuité des secours, et exige qu'on les allège des pensions qu'elles servent aux vieux ouvriers et aux veuves. Leur avoir, qui était en 1875 de 7,482,178 francs, est descendu à 6,185,963 francs en 1885, alors que, malgré des réductions constantes, leurs charges annuelles pour les mêmes années ont été de 1,757,040 francs et de 1,716,566 francs.

La Commission propose alors de décider l'affiliation obligatoire et personnelle de l'ouvrier, soit à une Caisse générale de retraite gérée par l'État, soit à une Caisse de retraite pour les travailleurs garantie et contrôlée par l'État. Cette Caisse serait alimen-

tée par un versement fait par le patron, au profit de l'ouvrier, d'une somme de 3 à 6 centimes par journée de travail, par une subvention de l'État et par une subvention de la Province proportionnelle au nombre d'ouvriers qui y travaillent.

L'ouvrier posséderait un livret sur lequel seraient inscrits tous les versements faits à son nom; ce livret serait sa propriété.

Le droit à la retraite serait acquis en principe à 60 ans d'âge. L'ouvrier qui aurait commencé à 14 ans pourrait avoir ainsi 398 francs de retraite à 60 ans. Mais, dans certaines conditions d'incapacité de travail ou de caducité prématurée, la retraite pourrait être anticipée.

Le rôle des Caisses de prévoyance serait alors plus restreint. Il en serait organisé, dans chaque centre industriel, une pour chacun des grands corps de métier ou pour des groupements de métiers assimilables.

Elles seraient alimentées par une retenue sur le salaire de l'ouvrier, par un versement du patron égal à cette retenue, par des subsides de l'État et de la Province, et enfin par le produit d'une taxe sur les accidents, à créer. Cette taxe nouvelle aurait pour avantage de stimuler les patrons dans l'étude des précautions à prendre pour éviter les accidents, de rendre plus actifs leur surveillance et leur contrôle et d'accroître notablement les ressources de prévoyance.

Les Caisses de prévoyance se contenteraient alors de fournir aux ouvriers mutilés ou atteints de caducité prématurée des suppléments de pension ou tout au moins à ces derniers des pensions d'attente pour leur permettre d'atteindre 60 ans, âge de la retraite normale; elles fourniraient des secours viagers aux veuves, aux ascendants et aux enfants mineurs des victimes.

Ces Caisses seraient gérées par une Commission, composée de patrons et d'ouvriers en nombre égal, présidée par un délégué de l'État.

En outre de la Caisse de retraite et de la Caisse de prévoyance, la Commission propose la création d'une Caisse de secours, dans la forme d'une Société de secours mutuels, dans chaque établissement industriel important. Cette Caisse spéciale servirait à assurer aux ouvriers blessés ou malades les secours médicaux et pharmaceutiques et quelques secours en nature et en argent.

La Caisse serait alimentée par une retenue sur les salaires des ouvriers, par une subvention du patron en rapport avec les risques professionnels de l'industrie et par le produit des amendes. Elle serait administrée par une Commission exclusivement composée d'ouvriers et présidée par le patron si celui-ci réclame la présidence.

Études de la Commission du travail sur la législation des accidents. — En même temps qu'elle étudiait la question en prenant comme point de départ les Caisses d'assistance, la Commission cherchait aussi s'il y avait lieu de reviser la législation des accidents.

Le Code civil belge stipule que l'ouvrier doit fournir la preuve dans le cas où l'accident provient du fait du patron. Dans toute autre circonstance, les suites en sont imputables au seul ouvrier.

Mais lorsque l'ouvrier tombe victime d'un accident, qu'il est blessé, évanoui, ne sachant pas lui-même, dans la plupart des cas, comment l'accident s'est produit; lorsque, pendant un temps assez long, il est incapable de réunir ses souvenirs, l'établissement de la preuve est bien difficile; non seulement il ne peut, sur le moment, provoquer les témoignages parce qu'il ne songe pas à les rechercher lui-même, mais il n'est pas même en état de le faire. Puis, plus tard, il se heurte à des difficultés sans nombre : depuis l'accident, l'état des lieux a été modifié; un rapport sommaire établi par la police judiciaire, peu experte en pareilles matières, lui a donné tort et a créé une présomption contre lui. Enfin ses compagnons, parfois fautifs, craignent de se compromettre et se soucient peu de déposer contre le patron qui peut les renvoyer; leurs souvenirs aussi peuvent être confus.

La preuve est si difficile à établir, que l'on a pu constater, en Suisse, que la preuve de la responsabilité du patron n'avait pu être faite dans 75 cas sur 100 dans les fabriques et dans 90 cas sur 100 dans les mines.

Il semble donc qu'il faille reviser la législation et ventiler mieux entre les parties les risques dont l'accroissement semble surtout dû aux conditions nouvelles du travail.

Mais faut-il, comme cela a été proposé, mettre la responsabilité tout entière, en principe, à la charge du patron ? Ce n'est pas

l'avis de la Commission du Travail et ce n'est pas non plus celui des gens sensés qui craindraient de voir, par ce fait, devenir plus nombreuses les causes de conflit entre l'ouvrier et le patron et de créer la lutte des classes si facile à susciter et qu'il est si difficile d'arrêter.

Aussi la Commission a-t-elle cherché ailleurs, et c'est dans l'assurance obligatoire qu'elle a pensé trouver le remède et la solution du grave problème social soulevé par la question des accidents.

L'assurance obligatoire peut être facilement organisée, en Belgique, par voie de règlements. N'existe-t-il pas des règlements sévères qui déjà s'adressent à l'industrie pour les chaudières, les machines à vapeur, le choix et la qualité des matériaux à employer, les épreuves ou essais ordonnés, les industries insalubres et dangereuses? Tous ces règlements consacrent le droit de l'État d'imposer certaines charges en matière industrielle.

D'ailleurs, un règlement qui établirait en principe l'assurance obligatoire ne serait pas absolument nouveau en fait: l'article 12 du cahier des charges des concessions de mines oblige le concessionnaire à s'affilier à la Caisse de prévoyance du district minier auquel appartient la concession.

Mais si l'assurance est obligatoire, encore faut-il la réglementer sévèrement.

Voici quelles sont à ce propos les conclusions de la 2e section de la Commission du Travail.

L'assurance devrait, dans l'origine, s'appliquer seulement à la grande industrie. Mais elle devrait, dans l'avenir, s'étendre peu à peu à toutes les industries. Il faut, en effet, ne pas tenir compte seulement des dangers permanents courus par l'ouvrier de la grande industrie, mais aussi du salaire minime des autres ouvriers dont la modicité ne leur permet pas toujours de se créer des ressources suffisantes pour l'avenir.

Les accidents seraient divisés en trois catégories :

1° Accidents imputables aux patrons ou à leurs agents. Les victimes de cette catégorie recevraient des indemnités mises à la charge du patron;

2° Accidents imputables à l'ouvrier victime; la responsabilité en porterait tout entière sur lui;

3° Accidents qu'il n'était en la puissance, ni du patron, ni de l'ouvrier, d'empêcher. Les accidents de cette catégorie formeraient l'objet de l'assurance. L'assurance servirait non pas un capital, mais une pension proportionnée au salaire de la victime.

Tant qu'un tribunal n'a pas décidé, dans les cas litigieux, l'assurance ne peut pas payer la victime. Pour éviter d'imposer à l'ouvrier une trop longue attente, les tribunaux seraient obligés de statuer sur les instances dans les trois mois de l'accident. Pour permettre à l'ouvrier de résister à des offres de transaction, onéreuses pour lui, que sa situation précaire pourrait l'engager à accepter, tout accident serait, *a priori*, classé dans la 3e catégorie et des secours provisoires seraient accordés à la victime. Les Sociétés d'assurances ne seraient mises en demeure d'accomplir leurs obligations qu'après le troisième mois.

Quant au système d'assurance, la Commission constatant que l'assurance faite par l'État n'a eu de succès, ni en Angleterre, ni en France, est d'avis qu'il vaut mieux en laisser l'exploitation à l'initiative privée, mais avec toutes les garanties nécessaires. L'assurance serait donc confiée, soit à des Sociétés privées, soit à des Syndicats de patrons, soit aux patrons seuls devenant leurs propres assureurs.

La garantie nécessaire pourrait se trouver, soit dans un contrôle sévère de l'État, soit dans l'obligation du versement, à la Caisse des Dépôts et Consignations, du capital représentant le service des rentes stipulées.

Les primes seront payées par les patrons. Si les accidents provenaient uniquement du fait de l'ouvrier, ou des cas fortuits, ou de force majeure, nul doute que l'ouvrier seul en devrait supporter toutes les conséquences. Mais la majorité des accidents proviennent des risques de travail spéciaux à l'industrie. C'est donc l'industrie qui doit en supporter les conséquences. Il est probable, d'ailleurs, que cette charge sera moins lourde qu'on ne le pourrait supposer tout d'abord. L'obligation de l'assurance, augmentant le nombre des polices souscrites, entraînera une diminution du taux des primes.

Ainsi, en partant de deux points de vue différents, la Commission du Travail est arrivée au même résultat : l'assurance obligatoire de l'ouvrier par le patron, c'est-à-dire suppression absolue de l'initiative privée de l'ouvrier.

Nous reviendrons sur les inconvénients de ce système dans notre conclusion après avoir exposé la législation française. Nous pouvons dire dès maintenant, néanmoins, que les conclusions de la Commission du Travail semblent devoir rester lettre morte pour le Parlement belge, à cause des nombreuses protestations qui s'élèvent contre les solutions proposées.

IV

LA SITUATION EN ITALIE

Nous nous contenterons, en ce qui concerne l'Italie, d'exposer brièvement le principe de la loi, déjà votée par la Chambre, le 15 juin 1885 actuellement soumise au Sénat, qui a été présentée au Parlement par le Ministre de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie.

Le principe de la loi nouvelle, c'est l'interversion de la preuve en matière d'accidents. Le patron et les agents chargés par lui de la direction sont solidairement responsables de tous les accidents, à moins qu'il ne soit dûment établi, à leur diligence, que ces accidents sont dus à des cas fortuits ou de force majeure, ou qu'ils sont le fait de la victime même.

L'indemnité à accorder à la victime ou à ses ayants droit est fixée par l'autorité judiciaire. Elle doit représenter les différentes dépenses de soins en cas de maladie, d'enterrement en cas de mort, et la réparation du préjudice causé à la famille soit par la perte de son chef et soutien, soit par l'état d'incapacité de travail où se trouve ce dernier.

La loi fixe le taux minimum de l'indemnité due dans les différents cas.

En cas de mort, l'indemnité doit atteindre au moins :

7 fois le salaire annuel de la victime, s'il y a des ascendants et un conjoint avec plus de 3 enfants mineurs ;

6 fois ce même salaire si, dans les mêmes conditions, il y a 3 enfants mineurs au plus ;

5 fois, si le conjoint reste, sans ascendants, avec plus de 3 enfants mineurs ou si la victime laisse plus de 3 orphelins mineurs ;

4 fois, si le nombre des enfants ou orphelins est de 3 ou au-dessous ;

3 fois, si, le conjoint restant sans enfants, il y a des ascendants;

2 fois, si le conjoint reste seul, sans enfants ni ascendants.

En cas d'incapacité absolue et permanente, l'indemnité due atteint au minimum 8 fois le salaire annuel de la victime.

En cas d'incapacité partielle et permanente, l'indemnité varie entre 20 0/0 et 80 0/0 des minima précédents, suivant l'importance de l'incapacité.

Enfin, en cas d'incapacité temporaire, l'ouvrier a droit au payement de son salaire journalier jusqu'à concurrence de 360 jours.

La loi a décidé, en outre, la création d'une Caisse d'assurances volontaires qui reçoit les contrats individuels ou collectifs souscrits, soit par les patrons seuls, soit par l'association des patrons et des ouvriers, soit par les ouvriers syndiqués.

C'est pour le patron le moyen d'échapper à la responsabilité qui pèse sur lui, et l'ouvrier, en ayant recours à cette Caisse d'assurances, est affranchi des risques que les contestations judiciaires peuvent lui faire courir.

V

LA SITUATION EN FRANCE

Nous allons examiner d'abord, comme nous l'avons fait pour la Belgique, quel est l'état des diverses institutions de Secours et de Retraites mises à la disposition des ouvriers en France. Nous exposerons ensuite les divers projets de loi présentés et les solutions proposées pour la réglementation de l'assistance ouvrière.

Société de Secours mutuels. — La mutualité, nous l'avons vu plus haut, quoique plus développée en France qu'en Belgique, est encore loin d'atteindre le développement qu'elle a pris en Angle-

terre. Les Sociétés de secours mutuels ont cependant toutes facilités de s'établir.

Elles se divisent en trois catégories.

1° Les Sociétés reconnues d'utilité publique sont placées sous le régime de la loi du 15 juillet 1850 et du décret du 14 juin 1851. Elles doivent comprendre plus de 100 membres et moins de 2,000. Elles peuvent recevoir des dons et legs.

Ces Sociétés sont au nombre de 9, comptant 11,781 membres dont 1,863 honoraires (1).

Leurs recettes en 1884 étant de

497,146 fr., leurs dépenses ont atteint
402,986 fr.

soit . . 94,160 fr. d'excédent de recettes.

Le fonds de réserve s'élevait à 4,292,229 fr. Sur ce fonds de réserve il a été servi 374 pensions atteignant en moyenne 84 fr. et entraînant une dépense de 31,284 fr.

Le fonds de retraites est de 1,138,626 fr. Sur ce fonds il a été servi 325 pensions de 127 fr. en moyenne. Le capital nécessaire à ces retraites est de 847,346 fr.

L'avoir social total était de 5,430,855 fr.

2° Les Sociétés approuvées sont celles dont les statuts ont été soumis à l'approbation des préfets dans les départements ou du Ministre de l'Intérieur à Paris. Elles sont régies par les décrets des 22 janvier et 26 mars 1852, 28 novembre 1853, 26 avril 1856 et 27 octobre 1870.

3° Les Sociétés de secours mutuels autorisées sont celles qui sont simplement régies par l'article 291 du Code pénal.

Les chiffres suivants, si arides qu'ils soient montreront l'importance de ces deux sortes de Sociétés qui sont loin cependant d'être aussi nombreuses et aussi prospères qu'elles le sont en Angleterre (2).

(1) Tous ces chiffres se rapportent à la situation des Sociétés au 31 déc. 1884.

(2) Tous ces chiffres se rapportent à la situation des Sociétés au 31 déc. 1884.

NOMBRE des sociétés	CLASSIFICATION	MEMBRES				AVOIRS SOCIAUX
		HONORAIRES	PARTICIPANTS			
			Hommes	Femmes	Enfants	
	Sociétés autorisées :					
1.795	Composées d'hommes.	»	»	»	»	16.145.691 18
254	— d'hommes et de femmes . . .	»	»	»	»	9.260.417 72
124	Composées de femmes.	»	»	»	»	838.359 95
2.173	Totaux. . .	22.564	254.678	36.402	5.479	26.244.468 85
	Sociétés approuvées :					
3.956	Composées d'hommes.	»	»	»	»	»
1.452	— d'hommes et de femmes. . . .	»	»	»	»	»
162	Composées de femmes.	»	»	»	»	»
5.570	Totaux. . .	153.039	624.701	129.752	21.296	96.692.417 51
7.743	Totaux généraux.	175.603	879.379	166.154	26.775	122.936.886 36
	Total des participants.		1.072.308			

Recettes et Dépenses en 1884 :

	RECETTES	DÉPENSES	EXCÉDENTS DE RECETTES
	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Sociétés autorisées	7.842.352 64	6.602.715 84	1.239.636 80
— approuvées.	17.296.514 11	15.460.253 94	1.836.260 17
Totaux. . . .	25.138.866 75	22.062.969 78	3.075.896 97

Caisses d'assurance en cas de décès et d'assurance en cas d'accidents. — En dehors des Sociétés de secours mutuels, la loi du 11 juin 1868 et le décret du 10 août 1868, modifié par celui du 13 août 1877, ont créé deux Caisses d'assurance sous la garantie de l'État, l'une en cas de décès, l'autre en cas d'accidents résul-

tant des travaux industriels et agricoles et entraînant une incapacité permanente de travail.

La prime à payer à la Caisse d'assurance en cas de décès et l'indemnité que peuvent recevoir les héritiers ou ayants droit du décédé, sont calculées d'après des tarifs analogues à ceux des Sociétés privées d'assurance sur la vie.

L'ouvrier assuré à la Caisse d'assurance en cas d'accidents peut verser à son choix 8 fr., 5 fr. ou 3 fr. par an.

Les accidents sont divisés en deux catégories : ceux qui ont occasionné une incapacité permanente absolue de travail et ceux qui entraînent une incapacité permanente du travail professionnel. Les secours qui suivent sont réduits de moitié pour les accidents de la seconde catégorie.

La pension, accordée dans le cas d'incapacité permanente absolue de travail, est payée par la Caisse des retraites ; le capital de cette pension est représenté par :

1° Une somme égale à 320 fois la cotisation versée;

2° Une somme égale à la précédente et prélevée sur la subvention de l'État et sur les fonds provenant des dons et legs.

Ce capital est versé à la Caisse des retraites par la Caisse d'assurance.

La pension minimum pour les versements de 5 fr. est fixée à 200 fr. Elle est fixée à 150 fr. pour les versements de 3 fr.

En cas de décès par suite d'accident, la veuve ou les enfants mineurs, ou les ascendants du décédé ont droit à deux années de la pension ci-dessus stipulée.

Les Sociétés de secours mutuels autorisées et les établissements industriels peuvent assurer collectivement leurs membres à cette Caisse d'assurance.

Depuis l'origine jusqu'au 31 décembre 1885 il a été contracté à cette Caisse 22,812 assurances, savoir :

9,845	cotisations	de 8 fr.	pour	78,764	francs.
8,186	—	5	—	40,930	»
4,781	—	3	—	14,343	»
22,812				134,037	»

Pendant ce temps la proportion des sinistres a été de 1,49 pour 1,000 assurés.

Caisses particulières des compagnies minières. — A côté de ce que faisait l'État, voici le résultat de l'initiative privée des exploitants des mines.

La presque totalité des Compagnies houillères de France possèdent des Caisses de secours auxquelles sont le plus souvent jointes des Caisses de retraites. Ces Caisses sont destinées à assurer à tout ouvrier de l'exploitation :

1° Les soins médicaux et pharmaceutiques et des secours en argent ou en nature en cas de maladies ou de blessures;

2° Des pensions de retraite aux ouvriers âgés devenus impropres à travailler, aux veuves et aux enfants.

Les Caisses sont généralement alimentées :

1° Par une retenue, obligatoire pour tous les ouvriers, de 3 0/0 de leurs salaires ;

2° Par une allocation des Compagnies de 1 à 1 1/2 0/0 des mêmes salaires;

3° Par le produit des amendes ;

4° Par l'intérêt à 5 0/0 des fonds disponibles.

Elles sont administrées dans la plupart des cas par un Conseil composé :

1° D'un certain nombre d'ouvriers nommés tantôt par les Compagnies, tantôt par les ouvriers ;

2° D'un certain nombre d'ingénieurs, de chefs ouvriers et de médecins désignés par les Compagnies.

Il est bon de faire connaître ici, d'une façon plus détaillée, les résultats obtenus par six des Compagnies de la Loire occupant ensemble 10,000 ouvriers. Ce sont les Sociétés des Mines de la Loire, de Montrambert et la Béraudière, de Saint-Étienne, de la Péronnière, de Villebœuf et copropriétaires des mines de Beaubrun.

Chacune de ces Compagnies a sa Caisse de secours particulière dont l'organisation et le fonctionnement sont variables. Mais, réduites à leurs propres forces, ces Caisses ne pouvaient, à cause du faible périmètre de la concession, assurer le service de retraite de l'ouvrier. De plus, les ouvriers, sans abandonner la région où ils vivent, vont assez fréquemment d'une mine à l'autre et perdent ainsi leurs droits à la Caisse qu'ils abandonnent.

En 1867 quatre de ces Sociétés solidarisèrent leurs Caisses, et les deux autres Sociétés s'affilièrent en 1869.

Chaque Caisse particulière est administrée par des représentants de la Compagnie à laquelle elle est attachée et, sauf pour le cas où l'alimentation de la Caisse est tout entière à la charge de la Compagnie, par un nombre égal d'ouvriers élus par leurs camarades.

Chaque Caisse envoie deux de ses administrateurs, dont un ouvrier le cas échéant, pour former le Conseil d'administration de la Caisse centrale. Ce Conseil distribue les secours aux ouvriers incapables de travailler par suite de blessures pendant plus d'une année; il sert les pensions aux veuves et aux orphelins trop jeunes pour travailler et les retraites aux ouvriers âgés.

Les Caisses particulières servent seulement les secours aux ouvriers blessés dont l'incapacité temporaire de travail dure moins d'une année, et assurent les soins et secours en cas de maladie aux ouvriers et à leur famille.

Les blessés reçoivent 1 fr. par jour et en outre 0 fr. 25 par enfant au-dessous de 12 ans.

Les malades reçoivent 1 fr. par jour, sans supplément.

Les ouvriers sont admis à la retraite à 55 ans d'âge, s'ils justifient de 30 années de services dans les mines associées. Dans ces conditions ils ont droit à une pension annuelle de 300 francs. Mais il leur est permis de continuer à travailler et ils peuvent augmenter ainsi leur pension de 25 francs par année de travail supplémentaire.

Après décès, la moitié de la pension est acquise à la veuve.

La retenue opérée sur les salaires varie de 2 à 3 0/0 ; elle est versée dans la Caisse particulière. Sur le produit de cette retenue la Caisse particulière prélève une somme égale à la moitié des dépenses mises, du fait de la Compagnie à laquelle elle est attachée, à la charge de la Caisse centrale. Les Compagnies complètent la somme nécessaire et subventionnent les Caisses particulières.

Pour assurer aux retraités la continuité de leur pension, il a été constitué un fonds de réserve fourni par parts égales par la Caisse centrale et par les exploitants. Les Caisses particulières ont aussi un fonds de réserve constitué de la même façon.

La vérification des écritures est faite, sous les yeux des administrateurs ouvriers, par des experts comptables choisis par eux.

Bien que le taux de départ de la pension, fixé à 300 francs pour

55 ans d'âge, paraisse minime, il y a cependant un certain nombre de retraités qui touchent 600 francs de pension et plus. Néanmoins, il paraît dès maintenant utile d'abaisser la limite d'âge à 50 ans.

Mais il est bon de constater que, dans ces mines syndiquées pour les secours, on a pu conserver plus longtemps les ouvriers âgés et posséder ainsi dans le personnel des ouvriers moins forts sans doute mais plus habiles, plus experts et surtout plus prudents.

Quoique cette organisation soit fructueuse et qu'elle donne satisfaction aux ouvriers et aux exploitants, les délégués de la Caisse centrale, interrogés par une Commission parlementaire, n'ont pas été d'avis qu'il fallût l'étendre outre mesure. Ils croient qu'il serait bon de constituer ailleurs des Caisses centrales, mais en restreignant leur action aux régions dans lesquelles les ouvriers restent sans s'éloigner, changeant seulement de mines. Ils en donnent pour raison que la Caisse centrale doit être à proximité de l'ouvrier qui a besoin d'avoir avec elle des relations fréquentes, promptes et faciles.

Les Compagnies houillères du Nord ont, depuis peu, étudié une nouvelle organisation des caisses actuelles dont il y a lieu de donner connaissance avant d'exposer les projets de législation sur les accidents et sur l'assistance.

Elles proposent d'instituer une Caisse spéciale de retraites pour les mineurs. Cette Caisse serait alimentée par le versement, à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse, instituée par les lois du 18 juin 1850 et 20 juillet 1886, de 3 0/0 des salaires payés à l'ouvrier. Ces versements seraient inscrits au nom de l'ouvrier et seraient fournis par une retenue de 1 1/2 0/0 sur son salaire et par une cotisation égale de l'exploitant.

Les Compagnies houillères du Nord proposent en outre le maintien des Caisses particulières de secours existant actuellement auprès de la majeure partie des exploitations. Ces Caisses accorderaient aux ouvriers les secours et avantages dont ils jouissent actuellement, à l'exclusion des pensions. Elles seraient alimentées par une retenue de 1 1/2 0/0 sur le salaire et par une cotisation égale de l'exploitant. Le Conseil d'administration serait composé en nombre égal d'ouvriers nommés par leurs camarades et de chefs ou contremaîtres désignés par les Compagnies.

Comme résultat, l'application de ce projet permettrait d'allouer

à 50 ans à un ouvrier qui aurait commencé à travailler à 12 ans, une pension totale de 306 fr. 24 c. dont une part, suivant les statuts de la Caisse nationale de retraites, serait réversible sur la tête de sa femme. Cette part serait de 103 fr. 36 c.

Si l'âge de la retraite était fixé à 55 ans, la pension, même en cessant les versements à partir de 50 ans, atteindrait 469 fr. 66 c. dont 159 fr. 25 c. réversible sur la tête de la femme.

Les propositions de loi sur les accidents. — En France, comme dans les pays voisins, le Parlement s'est beaucoup occupé des questions d'assistance ouvrière et de la revision de la législation actuelle sur les accidents.

M. Nadaud a déposé, sur la question des accidents, des propositions de loi tendant à intervertir la preuve de responsabilité. L'employeur est responsable, à moins de prouver que la faute de l'accident incombe à la victime. Cette formule met à la charge du patron les cas fortuits ou de force majeure.

Pour diminuer la lenteur de la procédure, M. Nadaud fait trancher les litiges soit par les conseillers prud'hommes, soit par le juge de paix, soit par des Chambres civiles temporaires appelées à juger rapidement les causes de ce genre.

Les propositions Nadaud furent renvoyées à une Commission dont le rapporteur, M. Alfred Girard, proposa comme contre-projet l'addition d'un amendement à l'article 1384 du Code civil.

Cet amendement portait que le patron était présumé responsable des accidents, à moins qu'il ne fît la preuve que ces accidents étaient dus à la victime même ou à des cas fortuits ou de force majeure. Mais cet amendement ne devait être applicable qu'aux usines, fabriques, manufactures, mines et carrières, chemins de fer et toutes industries employant un moteur mécanique.

M. Peulevey, à son tour, cherchant une solution, et trouvant injuste de mettre les cas fortuits et de force majeure à la charge du patron, proposa de les mettre à la charge de l'État. Il mettait, en outre, à la charge de l'État les accidents résultant d'une imprévoyance légère de la victime.

En cas d'accidents rentrant dans l'une des catégories à la charge de l'État, l'ouvrier aurait droit à une indemnité; mais il lui faut, pour cela, avoir versé au percepteur, chaque année, une cotisa-

tion de 2 francs. Toutes ces cotisations formeraient le capital d'une Caisse nationale d'assurance gérée par la Caisse des Dépôts et Consignations.

Le juge de paix, immédiatement après l'accident, devait donner à la victime un bon d'assistance provisoire. Dans les 15 jours qui suivent l'accident, le tribunal civil prononce sur les causes et établit la responsabilité.

Si l'accident est dû à un cas fortuit ou de force majeure ou à une imprévoyance légère de la victime, le tribunal accorde une indemnité qui peut atteindre 800 francs.

Si l'accident est imputable au patron, il rentre dans le droit commun.

Si l'accident est du fait de l'ouvrier, il n'est rien alloué à la victime qui a seulement reçu, pendant 15 jours, l'assistance provisoire.

M. Félix Faure, dans sa proposition, admet comme point de départ que tout accident est inhérent au travail lui-même. C'est donc selon lui le travail, c'est-à-dire le prix de revient du produit, et par conséquent le patron, qui doit supporter les charges de l'accident.

Le risque du travail tient à ce que l'ouvrier, au lieu d'être, comme il y a 50 ans, le maître de son outil est aujourd'hui le serviteur de l'outillage; la législation ancienne s'adressait à des risques déterminés; à des risques nouveaux il faut une législation nouvelle.

Partant de là, il établit que le chef de toute entreprise industrielle ou commerciale est responsable des accidents, quelles qu'en soient les causes, sauf dans les cas criminels ou délictueux pour lesquels l'auteur du crime ou délit est responsable.

L'indemnité, considérée non pas comme une compensation de l'accident, mais comme une dette alimentaire imposée par la société, sera prélevée sur les frais généraux.

Le tarif de l'indemnité est basé, non pas sur le salaire de la victime, mais sur sa situation de famille. C'est là une base de ratification tout au moins dangereuse, en ce sens qu'elle entraînerait les patrons à ne vouloir plus embaucher que des ouvriers célibataires.

Pour permettre aux patrons d'atténuer les charges de leur res-

ponsabilité, M. Faure institue une Caisse d'assurance sur le type de celle organisée par la loi de juillet 1868.

En première lecture, sous la législature précédente, en 1884, la Chambre vota un projet de loi qui établissait la responsabilité du patron, sauf dans les cas fortuits ou de force majeure prouvés ou si la démonstration de la faute de l'ouvrier était faite.

La procédure actuelle était simplifiée en ce que l'action en dommages-intérêts intentée par la victime était classée au rang des affaires sommaires.

En cas fortuit ou de force majeure, la victime recevait une indemnité égale à celle que la Caisse nationale d'assurance alloue à ses adhérents pour une cotisation de 8 francs.

La nouvelle législature a donné naissance à divers projets dont un de M. de Mun. Dans ce dernier les accidents sont divisés en trois catégories :

1° Accidents provenant du fait du patron ou de l'inhabileté ou de la négligence de ses agents directs ;

2° Accidents provenant de cas fortuits ou de force majeure, ou de l'imprudence de l'ouvrier, ou d'une négligence légère ;

3° Accidents provenant du fait de l'ouvrier.

Il n'est servi de pension ou d'indemnité qu'aux victimes d'accidents des deux premières catégories. Ces indemnités, calculées sur le tarif établi par M. Félix Faure, sont payées par des Caisses d'assurance qui peuvent avoir recours contre les auteurs des accidents de la première catégorie.

Des Caisses corporatives d'assurance seraient organisées dans chacune des circonscriptions actuelles d'inspection du travail des enfants dans les manufactures. Elles seraient alimentées par des cotisations égales des employeurs et des employés et les ouvriers seraient admis à participer à leur administration.

PROPOSITIONS DE LOI SUR L'ORGANISATION DES CAISSES DE SECOURS, DE PRÉVOYANCE OU DE RETRAITES. — A côté de ces propositions qui ont pour but la revision de la législation sur les accidents, de nombreuses propositions de loi ont été présentées au Parlement pour l'organisation de Caisses de secours, de retraite et de prévoyance s'appliquant aux mines seules.

Dans une communication très complète sur *l'Industrie des Mines devant le Parlement*, notre collègue M. Couriot vous a fait connaître les différents projets relatifs aux Caisses de prévoyance. Nous reprendrons brièvement l'analyse de ces projets.

MM. Reyneau et Gilliot imposaient aux concessionnaires l'obligation de créer à la fois des Caisses de retraites et des Caisses de secours et d'assurance affiliées à la Caisse Nationale d'assurance contre les accidents. Ces Caisses seraient alimentées par une retenue de 6 0/0 du salaire des ouvriers et par une cotisation égale des patrons.

Les Caisses seraient administrées par un Conseil composé pour 1/3 de représentants de patrons et pour 2/3 de délégués élus des ouvriers.

Les pensions seraient accordées à partir de 45 ans d'âge et de 25 années de services.

MM. E. Brousse, de Lanessan, etc., mettant aussi les Caisses de prévoyance à la charge du concessionnaire, les alimentaient au moyen d'un prélèvement de 10 à 15 0/0 sur les bénéfices de l'exploitation et d'une retenue de 3 à 6 0/0 du salaire des ouvriers.

Les Caisses des mines d'un même bassin minéralogique étaient solidarisées; les ouvriers seuls en avaient la gestion.

MM. Marius Chavanne et Girodet créaient, par leur projet, une Caisse Centrale de prévoyance et de retraites, gérée par la Caisse des Dépôts et Consignations et garantie par l'État. Cette Caisse était alimentée par une retenue de 5 0/0 sur le salaire de l'ouvrier et un versement égal fait par le patron à titre de cotisation, par des dotations, dons, etc. Cette Caisse, commune à tous les mineurs de France, délivrerait un livret à chaque ouvrier.

L'ouvrier pourrait à un moment quelconque demander sa retraite proportionnelle ; mais il aurait droit à la retraite après 25 ans de services, sans spécification d'âge pour les ouvriers du fond et à 50 ans d'âge pour les ouvriers de la surface.

Les auteurs du projet instituaient en outre dans chaque mine des Caisses locales chargées d'assurer les services de secours. Alimentées par les fonds de réserve des Caisses actuelles et par des subventions de la Caisse Centrale, elles devraient fournir des indemnités et secours aux malades, aux blessés, aux veuves et aux enfants.

Elles seraient autorisées, pour le service de ces charges, à s'assurer à des Sociétés privées ou à se syndiquer entre elles.

Le Conseil d'administration comprendrait 1/3 de patrons et 2/3 d'ouvriers.

Enfin M. Waldeck-Rousseau, laissant les concessionnaires libres de créer ou non des Caisses de Retraite, leur imposait, dans le cas où ils en constituaient une, de lui fournir une cotisation égale à celle des ouvriers. Cette dernière ne pouvait dépasser 6 fr. par mois et par tête.

L'administration des Caisses de Retraite serait exclusivement confiée aux ouvriers.

Tous ces projets demandaient aux ouvriers une participation plus lourde que celle qui leur est actuellement demandée.

La cotisation à leur charge varierait de 3 à 6 0/0 du salaire. Or aucune Société, actuellement, ne retient plus de 3 0/0 ; quelques Sociétés même ne font subir aucune retenue à leurs ouvriers.

La statistique montre en effet que :

30,000 ouvriers mineurs ne subissent aucune retenue sur leurs salaires ;
10,000 subissent une retenue de 2 0/0 ;
70,000 — — 3 0/0.

Les projets ci-dessus exposés ont donné lieu à une enquête parlementaire près des patrons et près des ouvriers.

Ces derniers, par la voix de leurs délégués, ont déclaré qu'ils étaient parfaitement disposés à accepter la retenue obligatoire. C'est pour eux, en quelque sorte, une garantie, car ils ont exprimé la crainte que les Compagnies, si les retenues n'étaient pas obligatoires, ne viennent à un moment donné à supprimer brusquement tout secours.

Ils ont affirmé néanmoins qu'il était difficile à l'ouvrier de faire lui-même l'épargne de prévoyance et qu'il fallait la lui assurer.

Le but que poursuivent les ouvriers, c'est d'avoir 2 francs par jour après 25 ans de travail et sans condition d'âge. Ils estiment que les retenues à faire pour atteindre ce but doivent être fournies par l'État ou l'exploitant, mais non par l'ouvrier.

Ils demandent aussi que l'administration de la Caisse leur soit

exclusivement confiée, prétendant que lorsque les secours sont distribués par les patrons, ils ne sont accordés qu'aux ouvriers agréables et que la présence des patrons dans les conseils d'administration mixtes enlève toute liberté aux délégués ouvriers.

En résumé, ils demandent :

1° Une Caisse de retraite alimentée par une retenue de 5 0/0 sur le salaire et une cotisation égale des patrons. Cette caisse, spéciale aux ouvriers mineurs, servirait une retraite à tout ouvrier qui justifierait de 25 ans de service dans les Compagnies minières, sans conditions d'âge. Cette retraite pourrait être touchée dans n'importe quel département;

2° Une Caisse de prévoyance et de secours serait organisée dans chaque département. Elle serait chargée de donner des secours aux malades, aux blessés, aux veuves et aux enfants.

Toutes les Caisses des départements seraient solidarisées pour assurer la continuité des secours que la disparition d'une Société minière, seule existante dans un département, pourrait compromettre.

Les patrons, interrogés à leur tour, objectaient que les projets à l'étude, réglementant les Caisses actuelles librement instituées par les intéressés, menaçaient la cause du droit commun et de la liberté.

Presque tous ces projets ajoutent des charges nouvelles aux charges lourdes déjà d'un certain nombre de Sociétés minières qui ne peuvent servir de dividendes à leurs actionnaires et consommeraient leur ruine. Car il ne faut pas oublier que sur 635 concessions de mines de combustibles minéraux instituées, dont 307 seulement, soit 48 0/0, sont exploitées, la statistique donne les chiffres suivants pour l'année 1884 :

190 concessions (62 0/0 du nombre des concessions exploitées) ont donné des bénéfices plus ou moins importants ;

117 concessions (38 0/0) ont eu des pertes.

Les exploitants ont protesté en outre contre l'idée, qui semble prévaloir, de l'exclusion partielle ou totale des patrons de l'administration des Caisses de secours.

Il nous reste à faire connaître maintenant, en peu de mots, l'esprit du projet de loi actuellement soumis à l'étude de la Commission parlementaire nommée par la présente législature.

Ce projet est dû à MM. Audiffred, Emile Brousse, etc.

D'après ce projet, toute concession de mine doit posséder à son siège, à moins qu'elle ne soit affiliée à une Caisse existante, une Caisse de secours et de prévoyance ; cette Caisse a pour but d'assurer une pension de retraite et des secours, en cas d'accident ou de maladie, à tous les ouvriers, tant du fond que de l'extérieur.

Cette Caisse est alimentée par une retenue obligatoire de 5 0/0 sur le salaire de l'ouvrier, une cotisation égale de l'exploitant, une retenue de 10 0/0 sur les redevances dues aux propriétaires tréfonciers et par le produit des amendes, des subventions et des dons et legs.

Chaque ouvrier reçoit un livret sur lequel sont inscrits les versements faits à son nom et les rentes viagères correspondantes. Ces rentes seront payées par la Caisse Nationale de retraites pour la vieillesse.

Les diverses Caisses seraient solidarisées entre elles.

Elles seraient administrées par un Conseil composé d'ouvriers pour les deux tiers et de délégués du patron pour un tiers.

VI

RÉSUMÉ ET CONCLUSION

La question de l'assistance ouvrière et de la revision de la législation sur les accidents et sur l'attribution de la responsabilité a été, on l'a vu, considérée de diverses façons dans les divers pays.

En Allemagne, le Gouvernement impérial considérant surtout le moment même où se fait la réglementation et ayant pour but, dans l'impossibilité où il se trouve d'enrayer le mouvement socialiste, de diriger ce mouvement, a édicté une loi forte, une loi d'autorité absolue. C'est là une solution qui peut se concevoir dans une monarchie organisée comme l'est l'Empire allemand, mais c'est une solution qui ne peut convenir à des pays plus soucieux de leur indépendance et de leur dignité.

Cette loi allemande a cependant donné satisfaction à ceux qu'elle

a enrôlés malgré eux ; les patrons se sont vus débarrassés par elle des difficultés juridiques constantes que leur suscitaient les accidents ; la tarification de l'indemnité et la juridiction suprême de l'Office impérial les ont affranchis de tous leurs ennuis ; les ouvriers, de leur côté, ont trouvé dans la loi, outre la constatation du droit à l'assistance, les premières manifestations du droit au travail : de là à obtenir le droit au capital et le capital lui-même il n'y a qu'un pas, suivant eux.

En Belgique, on tâtonne en ce moment et la Commission du Travail, sans oser aller aussi loin que le Gouvernement allemand, semble disposée à le suivre dans la même voie.

En Angleterre, on en est arrivé au point où nous en sommes en France depuis longtemps déjà, et la situation semble assez favorable grâce à l'initiative propre de l'ouvrier anglais et à son esprit de solidarité.

En France, enfin, la question semble étudiée plutôt par un côté spécial que dans un but d'ensemble. C'est de l'ouvrier mineur seul qu'il s'agit aujourd'hui. C'est à l'ouvrier en général qu'il faudrait s'intéresser selon nous. Ce n'est pas une loi d'exception qu'il faut faire ; c'est une loi générale.

La statistique générale des accidents nous donne les chiffres suivants :

En France, sur 3,000,000 d'ouvriers on compte 20,000 accidents par an ;

En Allemagne, une statistisque très sérieuse portant sur 93,534 établissements employant 1,957,548 ouvriers a constaté :

1,986 accidents suivis de mort ;
1,680 accidents suivis d'incapacité permanente complète ou partielle ;
85,056 accidents suivis d'incapacité temporaire.

88,712

En Italie on compte annuellement en moyenne 8,783 victimes dont 697 morts et 340 infirmes.

En Belgique, sur 105,582 ouvriers, en 1884, on a compté 258 accidents ayant occasionné 241 morts et 28 blessures graves. En 1885, on a constaté dans les mines 193 accidents ayant causé la mort de 196 ouvriers et blessé grièvement 93 autres.

Ces chiffres montrent qu'il y a lieu de faire quelque chose. Mais la solution du problème sera-t-elle obtenue par les moyens actuellement préconisés? Nous en doutons.

Nous sommes de ceux qui croient qu'en toute chose le régime de la liberté et de l'initiative individuelle est celui qui donne les meilleurs résultats. Nous croyons que l'État ne doit pas chercher à jouer, en toutes circonstances, le rôle de Providence et que la prévoyance personnelle relève plus l'homme qui en bénéficie que ne le peut faire la prévoyance officielle.

La prévoyance ne s'impose pas par une mesure législative ; elle doit être le fait d'une moralité plus grande, plus développée.

Si l'on veut fortifier la prévoyance chez l'ouvrier et le porter à économiser pour ses vieux jours, il faut avant tout lui faciliter l'obtention d'une retraite, mais ne pas donner à cette retraite le caractère d'une aumône que lui fait l'employeur.

En résumé il faut, croyons-nous, étudier une loi d'ensemble et ne plus se cantonner dans une spécialité professionnelle ; il faut en outre baser cette loi sur des principes de liberté et non d'obligation.

L'examen, forcément écourté, que nous venons de faire de l'état de la question en France et à l'Étranger montre bien toute son importance sociale. Les divers points qu'il nous a fallu effleurer prouvent combien le problème à résoudre est complexe et délicat.

Nous serons récompensé de notre effort si cette étude, intéressant ceux qui, comme nous tous, sont en rapports fréquents avec l'ouvrier, permet de faire faire un pas à la question grâce aux éléments de comparaison réunis.

BIBLIOGRAPHIE

Dépositions faites devant la Commission parlementaire chargée d'examiner les propositions de loi relatives aux ouvriers mineurs (1883. Annexe au rapport de M. Alfred Girard).

Rapport de M. Audiffred, député, au nom de la Commission chargée d'examiner les propositions de loi relatives aux ouvriers mineurs (1886).

L'Industrie des Mines devant le Parlement, par M. H. Couriot (Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils, mars 1884).

Rapports de la Commission du Travail instituée par arrêté royal du 18 avril 1886 (Bruxelles, 1887).

Notes présentées à la Commission parlementaire de 1883, au nom des concessionnaires et exploitants de Mines diverses de la Loire, du Nord, du Pas-de-Calais, etc. (1883 et 1884).

L'Assistance ouvrière en France, documents et statistiques (Chaix, 1887).

Les Victimes du travail et l'Assurance obligatoire, par M. Numa Droz (Bibliothèque universelle et Revue Suisse, mai et juin 1885, Lausanne).

L'assicurazione degli operai, rapport de M. Ugo Mazzola au ministre de l'Agriculture, du Commerce et de l'Industrie (Rome 1886).

Statistique de l'Industrie minérale (Paris, Imprimerie Nationale).

TABLE DES MATIÈRES

Pages

INTRODUCTION 383

I. — EXPOSÉ 384

II. — LA SITUATION EN ANGLETERRE 385

III. — LA SITUATION EN BELGIQUE 386

Caisses de prévoyance 387

Caisses de secours 389

Sociétés de secours mutuels 390

Études de la Commission du Travail sur les Caisses de secours et de prévoyance 391

Études de la Commission du Travail sur la législation des accidents . . 393

IV. — LA SITUATION EN ITALIE 396

V. — LA SITUATION EN FRANCE 397

Sociétés de Secours Mutuels 397

Caisses d'assurance en cas de décès et d'assurance en cas d'accident . . 399

Caisses particulières des Compagnies minières 401

Les propositions de loi sur les accidents 404

Les propositions de loi sur l'organisation des Caisses de secours, de prévoyance et de retraite 406

VI. — RÉSUMÉ ET CONCLUSION 410

BIBLIOGRAPHIE 412

NOTE

SUR

LES TRAINS-TRAMWAYS

PAR

M. COSSMANN

Aperçu historique.

Les trains-tramways, nous avons le regret de le constater, n'ont pas pris naissance en France ; mais ils y ont été baptisés et c'est aujourd'hui sous ce nom qu'on désigne ces convois légers, qui sont déjà plus qu'un tramway, mais qui ne sont pas de véritables trains, composés d'un petit nombre de voitures, démarrant par conséquent très facilement, s'arrêtant de même, prenant et laissant des voyageurs non seulement à toutes les stations de passage, mais encore à des points intermédiaires, comme font les tramways et circulant avec une vitesse commerciale que n'ont pas les tramways.

En Autriche-Hongrie, sur les lignes secondaires, ainsi qu'aux abords de Berlin, sur les lignes de Berlin à Hambourg et à Gorlitz (1) circulaient déjà, depuis plusieurs années, des trains répondant à peu près à ce programme. Cette expérience paraissant avoir réussi, l'idée s'est répandue en France et, si l'on en juge par les résultats des essais que l'on a déjà faits, les trains-tramways paraissent destinés à se développer rapidement et à entrer tout à fait dans nos mœurs.

Ce sont les causes et les phases de cette tendance que nous nous proposons d'esquisser sommairement.

Il y a quelques années encore, les règlements qui régissaient l'exploitation des chemins de fer étaient exclusivement contenus dans

(1) Voir à ce sujet la note publiée par M. Baum, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, dans le n° de juin 1879 de la *Revue générale des chemins de fer* ; ainsi que l'intéressante étude de M. Polonceau dans les n°s de novembre et décembre 1882 des *Annales des Mines*.

l'ordonnance du 15 novembre 1846, sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer. Bien que cette ordonnance date aujourd'hui de quarante ans, on peut la considérer comme un modèle auquel il n'y a, même actuellement, que bien peu de chose à modifier pour tenir compte des besoins nouveaux qui ont pu se manifester pendant cette période.

En 1880, dans le but de faciliter à l'Administration des chemins de fer de l'Etat l'essai du système Belpaire expérimenté, à Bruxelles, par l'Etat belge, M. Varroy, alors ministre des Travaux publics, fit signer, le 20 mai 1880, par M. le Président de la République un décret qui contenait une dérogation partielle aux dispositions de l'ordonnance de 1846.

Voici le texte de ce décret que l'on peut considérer comme le germe de l'introduction des trains-tramways en France.

Le Président de la République Française,

Vu la demande présentée par l'Administration des chemins de fer de l'État, à l'effet d'être autorisée à mettre en circulation à titre d'essai, sur les lignes peu fréquentées de son réseau, des voitures à vapeur portant leur moteur avec elles et des locomotives-tenders de faible poids, remorquant une ou plusieurs voitures, sans interposition de fourgon ;

Vu les articles 18 et 20 de l'ordonnance du 15 novembre 1846, portant règlement d'administration publique sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer;

Vu l'avis du Comité de l'Exploitation technique des chemins de fer;

Le Conseil d'État entendu ;

DÉCRÈTE :

ARTICLE PREMIER — Le Ministre des Travaux Publics pourra autoriser, à titre d'essai, pour le service des voyageurs, la mise en circulation de voitures à vapeur portant leur moteur avec elles et de locomotives de faible poids remorquant une ou plusieurs voitures sans interposition de fourgon.

ART. 2. — Le personnel des agents accompagnant les trains de voyageurs pourra, dans le cas d'une seule voiture, être réduit à un mécanicien et à un conducteur garde-frein.

ART. 3. — Les mesures de précaution qui devront être observées dans la marche et dans les gares, les limites de vitesse qu'on ne devra pas dépasser, seront réglées par des arrêtés ministériels.

Le Ministre des Travaux Publics est chargé de l'exécution du présent décret.,.

L'essai de l'Administration des chemins de fer de l'Etat, fait avec la voiture à vapeur de M. Belpaire, ne fut pas des plus heureux et la question paraissait à peu près abandonnée, le décret du 10 mai restant sans application.

Cependant, à la suite d'un rapport très intéressant sur l'état de la question à l'étranger, rédigé par M. Kopp, ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur général de la Société des chemins de fer de

l'Etat en Autriche-Hongrie et complété par une note de M. Polonceau, alors ingénieur en chef du matériel et de la traction de la même Société, le Comité d'exploitation technique des chemins de fer fut invité, par une dépêche du 16 mai 1881 du ministre des Travaux publics, à examiner les questions relatives à l'organisation de trains légers et économiques, analogues à ceux qui existaient déjà en Autriche et en Allemagne sous la dénomination de trains-tramways. Une sous-commission (1) fut nommée et les travaux furent résumés dans un très intéressant rapport de M. Heurteau. Ce rapport n'ayant pas été livré à la publicité, je me bornerai à en citer les conclusions.

La sous-commission était d'avis qu'il ne pouvait qu'être avantageux, à tous égards d'imiter, en France, les simplifications de service en usage sur quelques réseaux autrichiens, par la mise en circulation de trains légers, à petits parcours, qui seraient propres à bien desservir les relations vicinales ; les facilités qu'il s'agit d'accorder, devant faire, dans chaque cas particulier, l'objet d'une décision ministérielle prise à la demande des Compagnies intéressées.

Elle ajoutait que l'Administration supérieure prendrait une initiative utile en appelant l'attention des Compagnies sur cette question et en leur faisant connaître qu'elle serait disposée à leur accorder les autorisations nécessaires, à savoir :

1° D'étendre aux lignes, sur lesquelles le nouveau service serait organisé, le bénéfice des dispositions du décret du 20 mai 1880, sous les conditions indiquées à l'article 2 dudit décret ;

2° De permettre l'arrêt facultatif des trains en certains points déterminés de la voie, *sans installation spéciale*, pour y prendre ou pour y laisser des voyageurs sans bagages et sans chiens ;

3° D'alléger les trains et de simplifier leur service en autorisant la suppression d'une des trois classes, en affranchissant certains trains de l'obligation de transporter les articles de messagerie, les chevaux, les voitures et les cercueils, enfin en limitant la composition du train à un nombre de voitures à déterminer dans chaque sens, mais toujours inférieur à la limite ordinaire de 24 voitures ;

(1) Cette sous-commission était composée de MM Tournaire, inspecteur général des Mines, président; Brame, inspecteur général des Ponts et Chaussées ; Sévène, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, directeur de la compagnie d'Orléans; Mayer, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, et Heurteau, ingénieur des Mines, rapporteur.

4° Enfin d'autoriser la traction des trains par des machines circulant tender en avant.

Ces conclusions, prises le 17 décembre 1881, adoptées par le Comité d'exploitation technique et approuvées par le ministre, furent communiquées aux Compagnies et à l'Administration des chemins de fer de l'Etat, par une dépêche de M. Hérisson, alors ministre des Travaux publics, en date du 31 août 1882.

La compagnie du Nord, qui commençait à s'inquiéter de la baisse menaçante du trafic, baisse qui s'est accentuée en 1885 et en 1886,et qui se préoccupait déjà de chercher, dans toutes les branches de ses services, le moyen de réduire les dépenses de l'exploitation, de manière à les maintenir, sur chaque ligne, en proportion avec l'importance des recettes, mit alors la question à l'étude et, pour tenter un premier essai, choisit l'une des lignes qu'elle possède en Belgique, dans la banlieue de Liège, sur la rive droite de la Meuse. Rappelons à cette occasion que, déjà précédemment dans la banlieue de la même ville, la compagnie qui exploite le chemin de fer de Liège à Maestricht avait mis en circulation, sur la section de Liège à Visé, jusqu'à la frontière belge, de petits trains circulant avec une vitesse de 35 kilomètres à l'heure et composés de deux, trois ou quatre voitures à couloir (1) mais ne répondant pas exactement au programme des essais du Nord.

Le service de trains-tramways, inauguré le 15 juillet 1885, entre Liège-Longdoz et Flémalle, donnait déjà, le surlendemain, lieu à un mouvement de 472 voyageurs dans une seule journée. Outre les quatre stations existantes, six autres points d'arrêt, dont quatre passages à niveau, étaient munis de simples quais en terre avec des bordures en gazon, pour prendre et laisser des voyageurs.

En fait, cet essai fait en Belgique se trouva suivre de quelques jours l'application qu'il devait précéder et dont l'étude avait été faite pour deux des lignes du réseau français de la Compagnie du Nord. En effet, dès le 28 février 1885, la Compagnie répondant à l'invitation de l'administration supérieure, manifestait l'intention de choisir, pour l'essai des trains-tramways et des trains légers, les

(1) Voir à ce sujet, la note donnée dans la chronique de la *Revue générale des Chemins de fer* (N° de Mars 1884). M. Clermont ingénieur administrateur de cette Compagnie a, d'ailleurs remis à notre Société une note détaillée, à ce sujet, que l'on peut consulter aux archives de la bibliothèque.

deux lignes de Lille à Tourcoing, et de Boulogne à Saint-Omer.

Soumise à une instruction administrative, avec une célérité dont il y a lieu de faire l'éloge, cette proposition donnait lieu, le 15 juin 1885, à un arrêté du Ministre des Travaux Publics, que nous reproduisons *in extenso* en annexe, quoique la formule en ait été légèrement modifiée, à l'occasion des autorisations ultérieurement accordées pour d'autres lignes ; c'est en effet le premier document de l'espèce, la première application qui ait été faite de la latitude laissée au ministre par le décret présidentiel du 20 mai 1880.

L'autorisation une fois obtenue, le matériel étant prêt et, d'ailleurs identique à celui des trains-tramways de Liège, en ce qui concerne la ligne de Lille à Tourcoing, l'ouverture du nouveau service, impatiemment attendue par les populations de Lille, de Roubaix et de Tourcoing, put avoir lieu le 1er juillet, c'est-à-dire quinze jours avant que toutes les installations pussent être terminées dans la banlieue de Liège.

Le même jour, avait également lieu sur la ligne de Boulogne à Saint-Omer la mise en circulation des trains légers et économiques, composés de six véhicules au maximum, sans interposition d'une voiture de choc, substitués aux trains qui faisaient auparavant le service de cette ligne.

Les résultats de ce triple essai décidèrent la compagnie à développer l'application des trains-tramways et des trains légers : la question fut mise à l'étude pour un certain nombre de sections de lignes, et le tableau ci-dessous indique par ordre chronologique les dates successives de la mise en service de ces trains ; la désignation de *Trains-tramways* est réservée à ceux qui n'ont qu'une seule voiture attelée à la machine et celle des *Trains légers*, à ceux qui ont plus d'une voiture et moins de sept véhicules.

DÉSIGNATION des LIGNES OU SECTIONS DE LIGNES	DATE de la MISE EN SERVICE	LONGUEUR kilométrique	NATURE DES TRAINS mis en circulation
		kilom.	
Lille à Tourcoing	1er juillet 1885	12 5	Trains-tramways
Boulogne à Saint-Omer	1er juillet 1885	62	Trains légers
Liège à Flémalle (R D)	15 juillet 1885	12 5	Trains-tramways
Maubeuge à Valenciennes	5 novembre 1885	37	Trains légers
Maubeuge à Cousolre	5 novembre 1885	16	Trains-tramways
Maubeuge à Fourmies et à Hirson	5 novembre 1885	53	Trains légers
Lille à Comines	18 janvier 1886	22 5	Trains légers
Chantilly à Crépy-en-Valois	25 janvier 1886	35	Trains légers
Verberie à Estrées-Saint-Denis	1er juillet 1886	16	Trains-tramways
Maubeuge à Feignies	1er juillet 1886	6	Trains-tramways
Liège à Flémalle (R G)	1er juillet 1886	11 5	Trains-tramways
Maubeuge à Mons	1er juillet 1886	54	Trains légers
Arras à Doullens	1er juillet 1886	36	Trains légers
Aulnoye à Charleroi	1er juillet 1886	54	Trains-tramways
Breteuil (embrt) à Breteuil-Ville	1er juillet 1886	7	Trains-tramways
Pontoise à Creil	20 septembre 1886	42	Trains légers

Les lignes sur lesquelles fonctionnent les trains tramways sont les suivantes (au 1er mars 1887) :

1° — TRAINS-TRAMWAYS A UNE SEULE VOITURE :

Maubeuge à Cousolre	16k
Maubeuge à Feignies	2
Verberie à Estrées Saint-Denis	16, 2
Breteuil-embrancht à Breteuil-Ville	7, 2
Aulnoye à Charleroi	53, 3
Liège-Vivegnis à Liège-Guillemins	» »
Liège-Longdoz à Flémalle	12, 5
Liège-Guillemins à Flémalle	11, 5
Lille à Roubaix et à Tourcoing	12, 4
Longueur totale des lignes sur lesquelles circulentdes trains-tramways à une seule voiture.	131k 1

2° — TRAINS LÉGERS A 6 VOITURES

Pontoise à Creil	37k 9
Chantilly à Crépy-en-Valois	35, 1
Hirson à Fourmies et à Maubeuge	52, 7
Maubeuge à Valenciennes	37, 3
Maubeuge à Mons	21, »
Boulogne à Saint-Omer	60, »
Lille à Comines	20, »
Arras à Doullens	35, 8
Longueur totale des lignes sur lesquelles circulent les trains légers à 6 voitures	299k 8
Longueur totale des lignes sur lesquelles circulent des trains-tramways à 1 et à 6 voitures	430k 9

3° — DES TRAINS LÉGERS SERONT EN OUTRE INSTALLÉS SUR LES LIGNES SUIVANTES :

Paris à Saint-Denis	6k 1
Paris à Saint-Ouen	6, »
Saint-Ouen à Pantin	6, 6
Masnières à Cambrai, par Marcoing	12, 5
Douai à Valenciennes, par Aniches et Denain	36, 7
Berguette à Saint-Omer	26, 2
Cambrai à Dour	68, 7
Compiègne à Crépy-en-Valois	28, 7
Valenciennes à Aulnoye	34, 5
Le Câteau à Hirson	64, 4
Douai à Orchies	28, 9
Tourcoing à Orchies	29, 8
La Rue-Saint-Pierre à Saint-Just	17, »
Beauvais à Creil	37, 1
Valenciennes à Quiévrain	11, »
Tourcoing à Menin	13, 9
Longueur totale des lignes sur lesquelles doivent circuler des trains-tramways à 1 et à 6 voitures	428k 1
Longueur totale des lignes sur lesquelles circulent et circuleront des trains-tramways à 1 et 6 voitures	859k »

Ainsi, la longueur kilométrique des sections du réseau du Nord sur lesquelles circulent actuellement des trains-tramways ou des trains légers, n'est pas inférieure à 430 kilomètres ; la Compagnie est, d'ailleurs, en instance pour obtenir des autorisations semblables en ce qui concerne les lignes de Valenciennes à Aulnoye et au Cateau, de Busigny à Hirson, de Douai à Orchies et à Tourcoing, de Creil à Beauvais, de Saint-Just à la Rue-Saint-Pierre, d'Aubigny-au-Bac à Somain, de Cambrai à Douai, de Tourcoing à Menin, de Berguette à Saint-Omer, qui porteront à 860 kilomètres environ la longueur totale, exploitée de cette manière. En outre, elle a obtenu l'autorisation d'établir un service de trains-tramways entre Paris et Saint-Denis, sur une voie tout à fait distincte des voies actuellement affectées à la circulation des trains des directions de Pontoise, de Chantilly et de Soissons, ainsi qu'entre Paris et les Docks-Saint-Ouen, en utilisant, depuis la Plaine jusqu'aux Docks, le chemin de fer qui n'était jusqu'à présent ouvert qu'aux transports de la petite vitesse. Cette installation devant nécessiter des tra-

vaux d'une certaine importance dans la plaine Saint-Denis, pour l'établissement de passages en dessous permettant de ne pas croiser à niveau les voies existantes, et la construction ou plutôt l'aménagement d'un matériel spécial, pouvant contenir environ 100 voyageurs par véhicule, l'ouverture de ce service ne pourra vraisemblablement pas avoir lieu avant la fin de l'année courante.

Avant de terminer cet exposé historique de la question des trains-tramways, il nous reste à dire quelques mots des essais tentés par les autres Compagnies françaises, qui ont déjà pu se rendre compte des résultats obtenus par la Compagnie du Nord avec ce système (1).

Sur le réseau de l'Est, où les études ont été vivement poussées, depuis la fin de janvier, on exploite de cette manière l'embranchement en impasse d'Onville à Thiaucourt, sur la ligne de Nancy à Longuyon. La ligne de Conflans-Jarny à Briey du même département de Meurthe-et-Moselle sera également munie de trains-tramways, dès que l'on aura résolu certaines difficultés encore pendantes.

La Compagnie de l'Ouest a déjà commandé le matériel nécessaire, des voitures de 75 places et des locomotives-tenders du même type que celles qui font le service de la ligne d'Auteuil : d'après les renseignements que nous avons pu nous procurer, les lignes auxquelles serait tout d'abord appliqué ce système, sont les suivantes : Saint-Pierre-du-Vauvray à Louviers, le Havre à Montivilliers, la Brohinière à Ploërmel, Saint-Brieuc à Pontivy, Plouaret à Lannion, Morlaix à Roscoff : ce sont des embranchements à faible trafic, sur lesquels le type de train composé d'une seule voiture permettra d'assurer largement les relations journalières, dans l'état actuel du trafic.

Par une décision en date du 21 septembre dernier, le Syndicat des chemins de fer de ceinture a été autorisé à faire l'essai des trains-tramways sur la nouvelle ligne de Villeneuve-Saint-Georges à Palaiseau, et ce service a commencé à fonctionner le 18 octobre 1886. Indépendamment des stations d'Orly et de Wissous, ces trains desservent trois passages à niveau intermédiaires à proximité de Rungis, d'Antony et de Massy. Cette application sera probable-

(1) Nous ne citons que pour mémoire les trains de Bayonne à Biarritz, qui étaient en service, il y a près de quinze ans.

ment suivie de plusieurs autres et, en particulier, d'un essai de service de voyageurs, sur la section de la Plaine-Saint-Denis à Pantin, sur laquelle ne circulent actuellement que des trains de marchandises, et où les trains-tramways correspondraient, à la Plaine, avec ceux de Paris aux Docks Saint-Ouen, de la Compagnie du Nord.

Exposé des essais faits par la Compagnie du Nord.

PROGRAMME DES ESSAIS

Les trains-tramways employés sur le réseau du Nord ont pour caractéristique :

1° D'être composés d'un moteur séparé, attelé à une seule voiture de grandes dimensions, ou à un petit nombre de véhicules (six au plus) qu'aucun fourgon de choc ne sépare de la machine ; pour remorquer des trains aussi légers, on peut employer une locomotive même médiocrement puissante, circulant avec une vitesse relativement grande ; en outre, ce qui est plus important encore, cette locomotive peut s'arrêter et démarrer dans un délai très court, de sorte que, malgré l'augmentation du nombre des arrêts, qu'on multiplie selon les besoins du public, la vitesse commerciale, celle qui intéresse les voyageurs reste suffisamment élevée. S'il n'y a qu'une seule voiture attelée au moteur, les règlements permettent de ne mettre qu'un seul agent sur la machine et un seul dans la voiture ; s'il y a plus d'une voiture et moins de sept, et si tous les véhicules sont munis du frein continu, il faut mettre deux agents sur la machine, un mécanicien et un chauffeur, mais un seul agent, dans le train, suffit ;

2° De s'arrêter en des points situés entre la station, tels que des passages à niveau, sans installation spéciale, c'est-à-dire sans signaux, sans abri, sans bâtiment pour la distribution des billets, etc. ; tous les services sont faits, dans le train et pendant le trajet, par l'agent qui accompagne le train, absolument comme dans les tramways ordinaires, dont le train-tramway a l'apparence, avec cette différence que les voitures sont plus confortables et que la marche est plus rapide.

Dans l'examen qu'elle a fait de l'application des trains-tramways aux lignes de son réseau, la Compagnie du Nord a distingué deux cas tout à fait dissemblables, auxquels correspondent, par conséquent, deux solutions absolument distinctes :

1° Dans la banlieue et aux abords des centres importants et industriels, tels que Paris, Lille, Maubeuge, etc., les trains-tramways, composés d'une seule voiture, sont intercalés dans le service ordinaire, par voie d'addition aux trains existants ; ils ne sont pas astreints aux obligations des trains ordinaires, c'est-à-dire qu'ils ne font pas le transport de la poste, ni des bagages, ni des messageries, des chevaux, des voitures ou des cercueils, et le nombre des places offertes aux voyageurs y est limité comme dans les tramways, c'est-à-dire que les voyageurs ne peuvent exiger qu'il y ait toujours de la place dans le train, comme l'impose le cahier des charges pour les trains ordinaires ; en outre et enfin, le nombre des classes peut y être réduit à deux au lieu de trois ; mais la Compagnie du Nord qui s'était réservé cette faculté n'en a pas usé, parce qu'elle a remarqué que le public s'y montrait peu favorable ;

2° Sur les lignes secondaires, lorsque, pour des motifs divers, le service des marchandises est distinct de celui des voyageurs et qu'il peut être assuré par des trains de marchandises, à l'exclusion des trains mixtes. Dans ce cas, on substitue aux trains ordinaires des trains légers, composés de une à six voitures au plus, sans interposition d'un fourgon, astreints aux mêmes obligations que les trains ordinaires, c'est-à-dire faisant le transport de la poste, des bagages, des messageries, etc., offrant aux voyageurs un nombre de places des trois classes toujours suffisant pour assurer le service, mais desservant, comme les trains à une seule voiture, des points intermédiaires et présentant, par leur légèreté et grâce au frein continu, l'avantage de pouvoir s'arrêter ou démarrer rapidement, c'est-à-dire conservant une vitesse commerciale convenable.

Si les six véhicules ne suffisent pas, ces trains légers peuvent aisément, par l'adjonction de quelques voitures, d'un fourgon de choc et du personnel nécessaire, se transformer en trains ordinaires.

Tel est le programme qui a servi de base à l'étude des lignes sur lesquelles il convenait d'expérimenter le nouveau système et

pour debuter, la Compagnie a précisément choisi deux lignes : l'une, celle de Lille à Tourcoing, à banlieue très chargée concurrencée par un tramway circulant sur une route parallèle au chemin de fer, pour faire l'essai du véritable train-tramway à une seule voiture ; l'autre, celle de Boulogne à Saint-Omer, ligne secondaire, il est vrai, mais présentant, sur une longueur de 60 kilomètres environ, des éléments de trafic qui justifiaient la mise en circulation d'un train de marchandises dans chaque sens.

L'étude des itinéraires de ces trains fit d'ailleurs ressortir, ainsi que l'on pouvait s'y attendre, une diminution de la durée du trajet, plutôt qu'un allongement dû à l'intercalation de nouveaux points d'arrêt entre les stations existantes. On réussit donc, avec le nouveau service, et malgré l'augmentation des points d'arrêt, à épouser les correspondances qu'assuraient, aux deux extrémités de leur parcours, les trains ordinaires qu'il s'agissait de remplacer par ces trains légers.

Pour réaliser ce programme, la Compagnie eut à examiner les conditions d'établissement du matériel, l'installation des arrêts et le choix d'un système d'exploitation : nous donnons ci-après le résultat des études simultanément entreprises sur ces trois questions.

Matériel des trains-tramways de la Compagnie du Nord.

Nous avons indiqué plus haut que le décret du 20 mai 1880 a été rendu pour répondre à une demande des chemins de fer de l'État où l'on voulait faire l'essai d'une voiture à vapeur du système Belpaire.

Nous n'avons pas à revenir ici sur la description (1) de ce véhicule portant son moteur ; ce système a été condamné par l'expérience, non seulement à cause de la difficulté d'obtenir à la fois, sur un même châssis, toutes les conditions requises pour une bonne locomotive et pour une confortable voiture, mais surtout à cause

(1) Voir dans la première livraison de 1879 des *Annales des Mines*, l'étude très complète qu'en a donnée M. Worms de Romilly ; et dans le numéro d'avril 1881, de la *Revue générale des Chemins de fer*, les renseignements donnés sur les voitures à vapeur de l'État français, de l'État belge et sur la voiture Thomas du chemin de fer Louis-de-Hesse.

du peu d'élasticité que présente ce type d'appareil, quand il s'agit de se prêter aux nécessités imprévues du service.

Comme l'a fait remarquer, avec beaucoup de raison, M. Polonceau, une locomotive a besoin de réparations journalières, d'entretien, de visite des pièces, etc., qui ne sont pas nécessaires pour les voitures à voyageurs ; une locomotive est deux fois plus souvent aux ateliers qu'un wagon ; les souder ensemble, c'est immobiliser inutilement une partie de ce matériel et s'exposer à être obligé de les renvoyer successivement dans deux ateliers distincts, c'est-à-dire à faire durer la réparation et l'immobilisation deux fois plus longtemps. D'ailleurs, si le développement normal du trafic exige une augmentation de la composition des trains, si même il se produit, dans ce trafic, selon les époques de l'année, du mois, de la semaine ou de la journée, des variations qui rendent insuffisant l'unique véhicule du train-tramway, ne faut-il pas se réserver la possibilité d'ajouter des voitures, de transformer le train-tramway en train léger encore, mais se rapprochant déjà davantage des trains ordinaires de l'exploitation? D'autre part, l'emploi de locomotives du même type que celles qui font le service des manœuvres et des gares, offre encore cet avantage qu'on peut, à la rigueur, les faire entrer dans le roulement du service ou les utiliser à des manœuvres pendant le délai de stationnement aux points terminus.

D'autre part, le type de voiture à deux étages, même avec un moteur indépendant, ne répond qu'imparfaitement aux nécessités d'un service léger et rapide, à cause des difficultés qu'il présente pour l'entrée et la sortie des voyageurs, ainsi que pour la circulation du conducteur chargé de faire les perceptions en route. L'avantage apparent d'avoir beaucoup de places disponibles pour deux essieux est donc largement compensé par les inconvénients que présente le type au point de vue du service.

Indépendamment de ces motifs, la Compagnie du Nord, qui n'était pas encore fixée sur l'accueil que le public réservait à ses trains-tramways, jugeait prudent de ne pas créer de type nouveau pour ce service, et de se borner à transformer un matériel existant en l'appropriant au programme suivant :

1° Moteur indépendant de la voiture, composé d'une machine-tender à petit écartement d'essieux, capable de tourner facilement

sur les plaques ordinaires des gares et de circuler sans résistance dans les courbes de 100 à 125 mètres de rayon ; provision d'eau et de combustible sur la machine elle-même, afin d'éviter l'addition d'un tender non seulement comme surcharge du poids mort, mais aussi comme obstacle à la circulation directe de la plate-forme de la locomotive à celle des véhicules attelés ;

2° Véhicule unique (pour les trains-tramways proprement dit) contenant de 70 à 80 places, sans compartiment pour les bagages ni pour la poste, à circulation longitudinale, muni, à ses extrémités, de plates-formes permettant au conducteur de passer de la voiture à la machine et vice versa, c'est-à-dire réalisant la communication intime qui était la condition essentielle posée par l'Administration pour la réduction à deux du nombre des agents ; pour les trains légers de 2 à 6 voitures, emploi des voitures ordinaires, rendues mixtes afin de ne pas immobiliser, par exemple, tout un véhicule pour offrir des places de 1re classe qui ne sont que rarement occupées.

Les études entreprises dans le sens de ce programme par le service du matériel de la Compagnie sur les indications fournies par le service de l'exploitation aboutirent, en 1885, à la construction d'un type de voiture mixte à couloir central, représenté Pl. 139 fig. 5, et comportant 73 places : 8 places de 1re classe dans un compartiment, 16 places de 2e classe en deux compartiments, et 49 places de 3e classe ; enfin, à une des extrémités, un compartiment pour le service où se tient le conducteur garde-frein, avec deux strapontins et une tablette : ce véhicule, dont la caisse a une longueur totale de plus de 14 mètres, est formé de deux des voitures à couloir dont la Compagnie a hérité au moment de la reprise des lignes de Lille à Valenciennes et du Nord-Est, réunies entre elles par une articulation à soufflet très ingénieuse due à M. Bricogne et dont les détails sont indiqués fig. 6 de la Pl. 139. Ainsi que l'on peut s'en rendre compte, l'articulation des deux châssis se fait sur un boulon central A réunissant l'étrier B et l'œillère C dont les prolongements sont respectivement boulonnés sur les pièces médianes DD_1 des croix de Saint-André des deux châssis ; les parois des extrémités des deux voitures ont été supprimées, les planchers réunis par une feuille de tôle E fixée sur l'un et glissant sur l'autre : quant aux parois latérales, la soudure est réalisée par l'intermé-

diaire d'un soufflet articulé, en tôle, avec charnière médiane, qui se prête aux déplacements relatifs des deux caisses, lorsque la voie est en courbe. On obtient ainsi un véhicule à deux paires indépendantes d'essieux, pouvant passer sans inconvénients dans des courbes de 50 à 75 mètres et réalisant, par conséquent, presque les mêmes avantages qu'une voitures à bogies.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer d'autre part que deux voitures articulées, telles que celles dont nous venons de donner la description, remplacent avec avantage une seule voiture de même capacité, montée sur deux trucks ou bogies ; car, au passage dans les courbes, outre que les quatre essieux, indépendants deux à deux, s'inscrivent dans la courbe des rails, avec presque autant de facilité que les bogies, les tampons restent en contact aves ceux de la machine ou avec ceux d'un second véhicule attelé au premier, cette condition ne serait certainement pas remplie avec une rigide voiture à bogies, puisque c'est pour obvier à cet inconvénient que le matériel à bogies des petites lignes à courbes d'un faible rayon est pourvu d'un système d'attelage à tampon central. D'autre part, avoir recours, pour les trains-tramways à ce type de tampon unique, ce serait se condamner à avoir le même attelage sur la machine, à la spécialiser. Ce n'est donc pas simplement pour utiliser un matériel existant que la Compagnie du Nord a été amenée à réunir deux voitures en les articulant ensemble.

Quant à la machine, la Compagnie du Nord s'est bornée à transformer légèrement un ancien type de machine Stephenson, en supprimant le tender et en ajoutant des bâches d'eau latérales et en établissant la communication directe de la plate-forme où se tient le mécanicien avec la plate-forme du véhicule attelé à la locomotive ; cette communication facile et directe étant, d'ailleurs, indispensable sur un petit train où le personnel est réduit a deux agents et où le conducteur doit être en état de suppléer le mécanicien, le cas échéant. Nous donnons en annexe les conditions d'établissement de ce petit moteur économique ; elles ne diffèrent que par quelques détails sans importance de celle des locomotives transformées dont les dessins sont reproduits fig. 4, Pl. 139.

En résumé, le train-tramway à une seule voiture se compose, jusqu'à présent, sur le réseau du Nord, d'une petite locomotive-

tender et d'un véhicule flexible, qui sont l'un et l'autre, le résultat d'une transformation peu coûteuse d'un matériel existant.

En ce qui concerne les trains légers, composés au maximun de six véhicules, sans interposition de voiture de choc, on s'est borné à prendre simplement le matériel existant des voitures à compartiments et une petite machine tender, à 2 essieux couplés, du type le plus réduit.

Il en résulte que le train léger ne diffère pas, en apparence, des trains ordinaires qui faisaient auparavant le même service de voyageurs ; l'adjonction d'un véhicule, au delà de la limite fixée à six, suffit pour en faire un train ordinaire, pour nécessiter l'interposition derrière la machine d'un fourgon de choc, le renforcement du personnel, etc. Cette transformation peut avoir lieu sur la même ligne, si les besoins du service l'exigent; ainsi la ligne de Paris à Creil, par Pontoise, se compose de deux parties distinctes : la section la plus rapprochée de la capitale, celle de Paris à Pontoise est très chargée et nécessite des trains de 12 à 15 voitures : au delà de Pontoise, la banlieue, tout en étant encore fréquentée, peut être desservie par des trains légers. D'autre part, la ligne fait, en gare de Pontoise, un rebroussement qui rend, en tous cas, nécessaire le changement de la machine. Aussi la Compagnie du Nord a-t-elle transformé en trains légers une partie des trains de Creil à Pontoise : c'est dans cette dernière gare que se fait dans les limites des délais ordinaires de stationnement, le débranchement ou l'adjonction des véhicules, ainsi que la substitution de machines d'un type différent.

Le matériel, mis à l'étude pour le service projeté entre Paris et Saint-Denis et Paris et Saint-Ouen, se composera d'une voiture à 102 places, à couloir latéral (1) ; la proximité de Paris rend ici plus nécesssaire qu'ailleurs l'augmentation du nombre des places à offrir aux voyageurs.

Installation des arrêts de trains-tramways.

Les installations des arrêts intermédiaires se réduisent, ainsi que nous l'avons déjà dit, à de simples quais en terre, à bordure

(1) Ici encore, on soude trois anciennes voitures du Tréport, à galerie extérieure, en rejetant la caisse du côté opposé et en fermant les portières désormais inutiles de ce côté, tandis que le couloir est doublé en largeur et qu'on crée des plates-formes aux extrémités.

gazonnée, ayant 50 mètres de longueur; l'expérience a fait reconnaître qu'il convenait de leur donner une hauteur de $0^{m}40$ au-dessus des rails, quand il s'agit de voitures à couloir central, afin de faciliter et par conséquent, d'accélérer l'embarquement et le débarquement des voyageurs; ces quais sablés reviennent au plus à 4 francs le mètre carré. Je ne parle que pour mémoire des terrassements dont l'importance varie évidemment avec le profil de la plate-forme de la voie : si l'on est en remblai et qu'il faille étayer la plate-forme pour donner à ces quais une largeur minima de $2^{m}50$, il est clair qu'il y a, de ce chef, une aggravation inévitable de dépense.

A ces frais, il faut ajouter ceux qui résultent d'un léger remaniement de la clôture du chemin de fer, s'il s'agit de lignes clôturees, et un ou deux portillons de 1 mètre, d'une valeur de 20 francs chacun; quelquefois l'allongement d'une buse ou d'un dalot surchargent encore le devis qui cependant ne représentent guère qu'une minime dépense.

Dans la plupart des cas, l'arrêt est situé auprès d'un passage à niveau et les portillons sont sous la surveillance de la garde-barrière. Ailleurs, le chemin à desservir traverse la ligne sur un pont ou sous un viaduc; tel est le cas de l'arrêt du pont de Wasquehal, sur la ligne de Lille à Tourcoing, dont nous donnons également le croquis (Pl. 139, Fig. 1); des escaliers en terre, avec contre-marches en planches, soutenues par des piquets, ou bien des rampes d'accès taillées dans le talus comme à l'arrêt de Grattières indiqué (Pl. 139, Fig. 3), mettent alors les quais en communication avec le niveau de la voie publique. Le garde d'un poste sémaphorique peut, s'il en existe un près de l'arrêt, être chargé de la surveillance des portillons ouverts dans la clôture du chemin de fer; mais il ne donne ni ne recueille les billets qui sont distribués par le chef de train.

Ces installations rudimentaires sont, en général, bien accueillies du public, qui comprend qu'il ne s'agit pas, en effet, de créer des installations luxueuses, mais de donner le strict nécessaire, pour que quelques voyageurs puissent, chaque jour, prendre le train à son passage. Il y a lieu de remarquer que, contrairement à ce qui se pratique en Autriche, où l'arrêt est facultatif et n'a lieu, en réalité, que s'il y a des voyageurs à prendre ou à laisser, l'ar-

rêt prévu au livret de marche des trains, a lieu ici en tous cas et il est rare, du reste, que ce soit en pure perte.

Aux points terminus qui sont, en général, situés dans des gares existantes, il n'y a pas d'installations spéciales à prévoir : le train-tramway utilise simplement les voies et les quais déjà construits, la machine se tourne bout pour bout sur une plaque de $4^m,20$ voisine du point d'arrivée, puis elle passe de tête en queue du véhicule, au moyen de liaisons de voie. On a bien l'autorisation de faire circuler les machines, tender en avant, mais comme elles ne sont pas symétriques et que la communication avec la voiture ne peut s'effectuer que par la plate-forme d'arrière, il est nécessaire de tourner la machine dans le sens convenable. C'est, du reste, une sujétion qui n'a pas d'inconvénients bien sérieux dans une gare terminus qui a le personnel suffisant et où le délai de stationnement permet de faire cette manœuvre.

Dans le cas où la ligne est spécialement disposée pour le service des trains-tramways, comme cela aura lieu par exemple entre Paris et Saint-Denis, le point terminus, celui de Saint-Denis, par exemple, comporte un dédoublement de voie en *demi-lune* (Pl. 139, Fig. 2), avec une plaque d'un diamètre de $6^m,20$; cela suffit pour assurer un croisement et le dégagement de la machine.

Comme on peut s'en rendre compte par ce qui précède, la voie offre, encore moins que le matériel, de dispositions sur lesquelles il y ait lieu de s'étendre en détail ; les installations ne se distinguent que par leur simplicité.

Quoi qu'il en soit, et pour ne parler que des sections actuellement exploitées par des trains-tramways ou des trains légers, sections dont la longueur sera plus que doublée quand toutes les lignes énumérées ci-dessus en seront munies, le nombre des arrêts intermédiaires créés soit à des passages à niveau, soit en d'autres points gardés tels que des postes de bifurcation ou de Block-système est, actuellement de 29. Ce nombre augmente, d'ailleurs, pour ainsi dire, chaque mois, la Compagnie se prêtant avec bonne grâce, à la réalisation des demandes que lui adressent des communes ou des hameaux pour obtenir un arrêt nouveau moyennant le remboursement des frais minimes de l'installation.

En effet, bien que les autorisations accordées par l'Administra-

tion, conformément aux conclusions du Comité d'exploitation technique, indiquent expressément que les trains pourront arrêter en des points intermédiaires, *sans installation spéciale et sans signaux*, il est néanmoins utile d'exécuter quelques petits travaux consistant à régler la plate-forme de l'accotement de manière qu'il soit possible d'y installer un quai en terre de 50 à 60 mètres de longueur, à bordure gazonnée, pour faciliter l'embarquement ou le débarquement des voyageurs.

Quand la Compagnie est d'accord avec la commune ou les communes intéressées au sujet de cette participation, elle demande à l'Administration l'autorisation de faire arrêter les trains-tramways à tel ou tel passage à niveau, et aussitôt que cette autorisation est obtenue, elle exécute les petits travaux dont il vient d'être question, à moins que les intéressés ne préfèrent s'en charger sous la surveillance des agents de la Compagnie.

Exploitation commerciale.

Parmi les questions que soulève la mise en service des trains-tramways, l'une des plus délicates est incontestablement celle de la perception des recettes. Ces trains desservant à la fois des stations ordinaires et des points d'arrêt sans installations, où il ne peut être délivré de billets à un guichet, il a fallu chercher un mode de constatation des recettes perçues par le conducteur, pendant le trajet, sans avoir recours au comptage des omnibus et tramways, qui nécessite un matériel spécial et qui n'est applicable que pour une quarantaine de voyageurs par voiture, au maximum, et pour un prix unique à percevoir.

La Compagnie du Nord prenant le public lui-même comme auxiliaire du contrôle des recettes perçues, a cherché une combinaison qui réalisât les conditions essentielles à énumérer ci-après : 1° assurer une distribution très rapide qui dispensât le conducteur de toute écriture ; 2° donner toute garantie du versement intégral de la recette perçue.

Quatre types de billets à souche ont été essayés :

Type n° 1

CHEMINS DE FER NORD BELGES

TRAINS-TRAMWAYS d'Erquelines à Charleroi

Brigade d'Erquelines

Contrôleur _____

_____ • Classe. — Train N° _____

du _____ _____ 188 .

Erquelines

N°

Erquelines (Vse).	Thuin (Nord).
Solre-sur-Sambre.	Hourpes.
La Buissière.	Landelies.
Fontaine-Valmont.	Marchiennes-Zone.
Lobbes.	Charleroi.

Somme perçue :	» fr. 10 c.
Somme perçue :	» fr. 15 c.
Somme perçue :	» fr. 20 c.
Somme perçue :	» fr. 25 c.
Somme perçue :	» fr. 30 c.
Somme perçue :	» fr. 35 c.
Somme perçue :	» fr. 40 c.

Contrôleur _____

_____ • Classe. — Train N° _____

du _____ _____ 188 .

N°

Erquelines.

Erquelines (Vse).	Thuin (Nord).
Solre-sur-Sambre.	Hourpes.
La Buissière.	Landelies.
Fontaine-Valmont.	Marchiennes-Zone.
Lobbes.	Charleroi.

Type n° 2

N° 3

0,35 cent.

Lille.
Fives-St-Maurice
Pont du Lion-d'Or
Rouge-Barre
Wasquehal
Croix-Wasquehal
L'Allumette
Roubaix
Boulevard d'Halluin
Tourcoing

N° 3

0,35 cent.

TRAINS-TRAMWAYS

I. — Un bulletin de forme allongée qui contient, dans sa partie moyenne, la série, en ordre décroissant à partir de la souche, de tous les prix de 0,05 en 0,05 dont on peut avoir besoin. Cette échelle de prix est encadrée à chaque extrémité d'une liste semblable de tous les points desservis par le train. Cette liste se trouve donc à la fois sur la souche que doit conserver le conducteur et sur la portion du bulletin qui est réservée au voyageur.

Le conducteur pointe, sur l'une et l'autre liste, le point de départ et le point de destination. Il coupe le billet au-dessous (la souche étant en bas) du prix correspondant au montant de la place et donne au voyageur la partie du billet détachée de la souche. Le voyageur peut s'assurer que le prix indiqué au bulletin est bien celui qu'il a payé et le conducteur est dans l'impossibilité de verser un autre prix, car il opère son versement en représentant la souche dont on peut déduire le prix qu'il a perçu et, qu'à raison de l'ordre décroissant des prix, il ne pourrait altérer sans devenir comptable d'une somme plus forte que celle perçue en réalité.

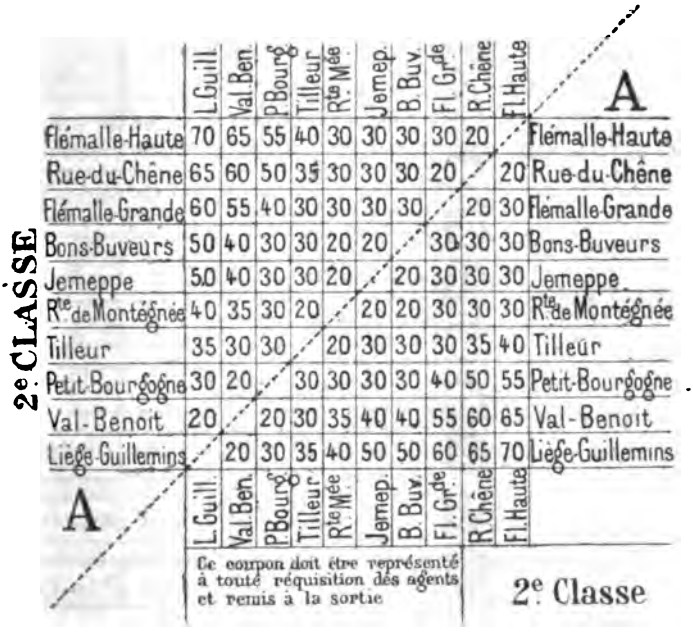
Dans ce système, un cahier unique peut suffire pour desservir toutes les provenances et toutes les destinations. Seulement, le voyageur ne peut contrôler que sur les affiches si le prix perçu est celui qui correspond au parcours.

II. — Un autre système (système suivi dans la banlieue de Lille) consiste à avoir autant de cahiers de billets qu'il y a de prix. Ce prix figure à la fois sur la souche qui reste entre les mains du conducteur et sur le billet remis au voyageur. Le billet remis au voyageur porte la liste des points desservis par le train-tramway. Le conducteur pointe sur cette liste la provenance et la destination. Le voyageur peut s'assurer qu'il a un billet correspondant au prix qu'on a exigé de lui, et le conducteur qui fait son versement au moyen de la souche, ne peut verser une autre somme que celle perçue. Les billets de ce système peuvent être de petite dimension, mais le conducteur doit être porteur *simultanément* d'autant de cahiers qu'il y a de coupures de prix dont il peut avoir besoin, ce serait gênant si le nombre des points d'arrêt était considérable. De plus, comme dans le cas précédent, le billet remis au voyageur ne lui donne pas directement l'indication de la perception qui doit être faite, d'après le tarif.

III. — Un troisième système (pratiqué dans la banlieue de Liège) consiste en une feuille carrée, pouvant se couper en diagonale, dont la moitié forme souche et l'autre moitié est réservée au voyageur. Les noms des points desservis par le train sont inscrits à la fois en longueur et en largeur avec les prix en regard. En pliant le bulletin en deux, les prix semblables se superposent exactement les uns aux autres, de façon qu'en perforant d'un coup de pince la case correspondant au prix perçu, on perfore également la case du même prix sur la souche que le conducteur doit représenter en effectuant son versement.

Il y a un bulletin de cette nature pour chaque classe.

Type n° 3

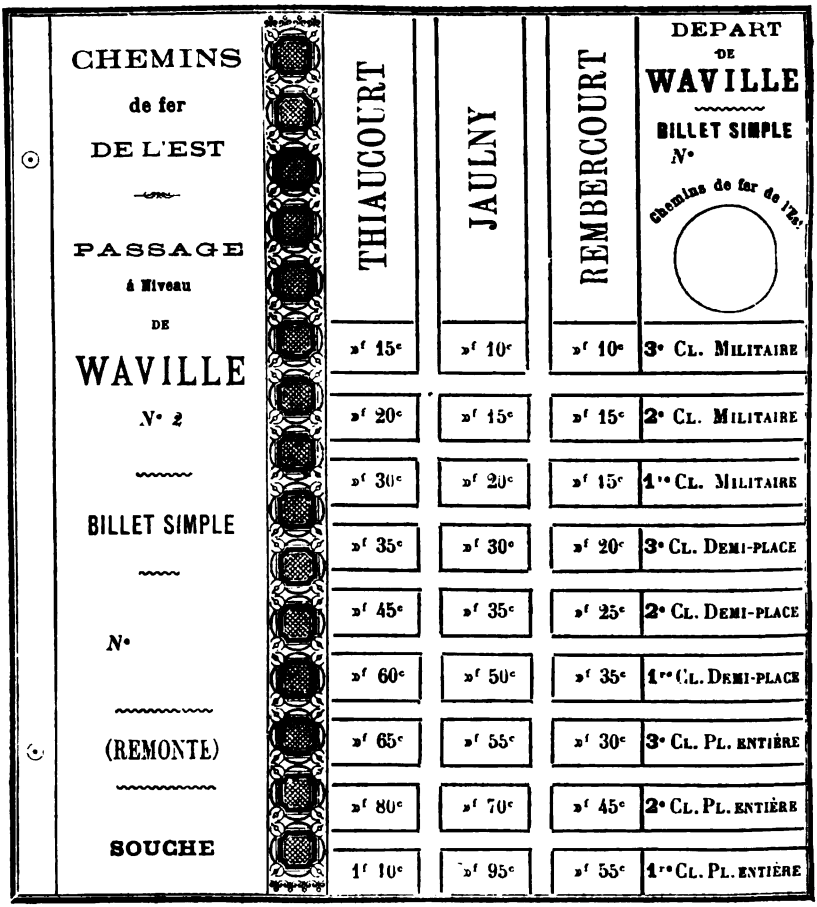


Ce modèle est ingénieux, mais son emploi exige un grand soin et il ne peut être utilisé que sur les lignes desservant peu de localités. Il a, d'autre part, l'avantage de ne nécessiter qu'un coup de poinçon et de donner au voyageur, sur le billet qu'on lui remet, l'indication officielle du tarif.

IV. — Dans un quatrième système, mis en service sur le réseau de l'Est, il y a des bulletins spéciaux au départ de chaque point

d'arrêt : une ligne verticale est consacrée à chaque destination et porte dans des cases superposées les prix correspondants à chacune des classes avec la désignation des places entières, des demi-places et des quarts de places. Le billet est coupé à la fois en long et en travers, au-dessous du prix à percevoir, pour détacher

Type n° 4



de la souche en forme d'L, la partie rectangulaire destinée au voyageur. Ce modèle présente l'inconvénient que le conducteur doit avoir autant de cahiers qu'il y a de provenances. Il doit même avoir deux cahiers pour une seule provenance quand la ligne est un peu longue, mais cet inconvénient est très atténué, parce qu'on n'a besoin à la fois que du cahier ou des cahiers d'un seul

arrêt, la perception étant faite immédiatement après la remise en marche jusqu'à l'arrivée à l'arrêt suivant.

Ce système présente, par contre, quelques avantages ;

1° Le conducteur n'a rien à écrire, rien à noter. Il doit seulement couper le billet, opération facilitée par des lignes de piqûres qui séparent les différents prix ;

2° Le conducteur n'a pas besoin de chercher le prix à appliquer, il trouve ce prix tout fait sur le billet qui porte avec lui le tarif ;

3° Le versement intégral de la somme perçue est aussi bien assuré que dans les autres systèmes, car sur la souche que doit représenter le conducteur, le prix est en ordre décroissant, sauf une exception insignifiante ; par conséquent, il ne pourrait altérer cette souche sans devenir comptable d'une somme plus forte.

En résumé, on voit que les moyens de contrôle ne manquent pas et qu'il suffira, quand l'expérience aura prononcé, de choisir le système qui aura donné les meilleurs résultats. Toutefois, nos préférences personnelles seraient plutôt en faveur du type N° 1 qui n'exige qn'un seul cahier, qu'un trait de crayon en haut et en bas et un simple coup de ciseaux. Quant au voyageur il s'habitue vite à connaître de mémoire le prix qu'on doit lui réclamer, pour un trajet qu'il fait fréquemment.

Service des trains — En ce qui concerne le service des trains, il y a lieu de distinguer entre les trains-tramways simplement intercalés entre les trains ordinaires, et les trains légers substitués à des trains mixtes.

Comme exemple du premier cas, nous citerons la ligne de Lille à Tourcoing, banlieue importante sur laquelle on a ajouté aux 22 trains de voyageurs qui circulent dans chaque sens de Lille à Mouscron, en s'arrêtant à Croix-Wasquehal et à Roubaix, 7 trains-tramways dans chaque sens, espacés de 2 ou 3 heures suivant le moment de la journée et assurés au moyen d'un seul jeu de matériel qui fait 14 fois le trajet en navette.

Il y a sur ce parcours de 12 kil. 5, outre les deux stations citées plus haut, 7 arrêts intercalés et dont les intervalles varient de 750 m. à 1 kilom. : il y a exceptionnellement une distance de 2 kilom. 3 entre l'un des arrêts et la station de Croix.

Le trajet se fait en 31 minutes, tandis que les trains ordinaires qui ne s'arrêtent que deux fois en route, mettent 27 à 30 minutes ; cette faible augmentation tient à ce que le train-tramway qui arrête plus fréquemment, démarre très rapidement et qu'il ne faut pas compter une minute pour chaque arrêt ; il y a aussi, sur ce parcours, six bifurcations dont chacune fait perdre, pour le ralentissement, près de deux minutes aux trains ordinaires et moins d'une minute aux trains-tramways.

Comme exemple d'une ligne à trains légers, assurant tout le service des voyageurs, tandis qu'un train de marchandises a été conservé pour recueillir tout le trafic de petite vitesse, nous citerons la ligne de Lille à Comines, sur laquelle circulent en navette 5 trains légers dans chaque sens, s'arrêtant à trois passages à niveau intermédiaires.

Le trajet de 16 kilomètres compris entre la bifurcation de cette voie unique sur la ligne principale. et la gare de Comines (Belgique) s'effectue en 32 minutes, y compris dix arrêts. Comme importance, la ligne de Lille à Comines fait annuellement une recette kilométrique de 10,000 francs.

Tarifs. — Quant aux tarifs, les points d'arrêt intermédiaires, établis pour desservir les localités dont l'importance n'aurait pas justifié la création d'une véritable halte, sont, dans certains cas, taxés comme la station au delà, dans la direction suivie à l'arrivée, et comme la station en deçà, dans la direction suivie au départ. Dans d'autres cas plus nombreux, on a créé des prix spéciaux pour ces points d'arrêt, en taxant le parcours d'après la distance réelle, avec un minimum exceptionnel de 3 ou 2 kilomètres suivant les cas, au lieu des six kilomètres qui forment le minimum normal des distances d'application des tarifs pour les trains ordinaires.

Résultats économiques donnés par les trains-tramways.

Il serait superflu de chercher à prouver qu'un service dans lequel les frais de traction se réduisent à remorquer, soit un

seul véhicule, soit un petit nombre de voitures, et qui ne nécessite que deux ou trois agents par train mis en marche, est plus économique qu'un service de trains lourds et peu utilisés, dût-on même transformer ces trains en trains mixtes, transportant des wagons de marchandises.

Sur une ligne existante, l'intérêt de la substitution dépend, toutes circonstances égales d'ailleurs, du nombre des trains à remplacer et de l'importance du trafic local des marchandises. Si ce trafic est suffisant pour assurer l'utilisation d'un train de marchandises par jour, dans chaque sens, il n'y a pas à hésiter, puisque le train-tramway coûte, par kilomètre, environ la moitié de ce que coûte le train mixte qu'il est appelé à remplacer : avec deux trains mixtes remplacés, on paye presque la mise en marche du train omnibus de marchandises, déduction faite des frais généraux et des dépenses de la voie, qui restent les mêmes dans les deux cas ; voici d'ailleurs comment se décompose la dépense d'exploitation pour un train-tramway kilométrique à une seule voiture, entre Lille et Tourcoing :

Personnel et dépenses diverses	0 f. 0086
Mécanicien, combustible, frais de graissage et de dépôt	0, 2284
Graissage et nettoyage des voitures.	0, 0011
Appointements et frais de déplacement des conducteurs gardes-freins	0, 0640
Eclairage et chauffage	0, 0215
Entretien et réparation des machines	0, 0515
Entretien et réparation des voitures	0, 0280
Total	0 f. 403

Le train léger, à six voitures, revient à 0,60 par kilomètre.

Or, on évalue à 0 fr. 70 c. environ, par train kilométrique, la dépense d'un train mixte ordinaire, pour les mêmes chapitres et déduction faite des frais d'administration centrale et d'entretien de la voie. Ce prix de revient approche encore de 0,80 quand les manœuvres sont fréquentes dans les gares. Il est donc facile de se rendre compte, à première vue, de l'avantage qu'il peut y avoir à substituer, sur une ligne donnée, des trains-tramways à tous les trains transportant des voyageurs.

Toutefois la question est beaucoup plus complexe quand, par suite de causes diverses, il s'agit non plus de *remplacer* mais *d'ajouter* des trains, en les intercalant dans un service de trains ordinaires qui continuent à desservir les stations existantes. Tel est le cas de la banlieue des centres importants ; Paris, Lille, Maubeuge, où il faut toujours conserver les trains de grand trajet, omnibus ou express et où l'adjonction de trains légers permet seulement de réduire la composition de quelques trains de marchandises qui comportaient des voitures de voyageurs. La mise en marche des trains-tramways a bien pour conséquence de décharger les grands trains et de donner au public plus de facilité pour voyager, par suite de l'intercalation des arrêts intermédiaires. Mais l'accroissement de la circulation, sur lequel on peut, en partie compter, ne rémunérerait qu'imparfaitement les dépenses résultant du parcours supplémentaire qu'impose le nouveau service, si ce dernier ne devait avoir pour effet de se substituer à un dédoublement de trains qu'il aurait fallu faire à bref délai : c'est une considération dont il y a lieu de tenir compte, quand on fait l'étude d'une installation de ce genre. Ainsi, aux abords de Paris, la création projetée des trains-tramways de Paris à Saint-Denis, permettra d'alléger les trains de 18 à 24 voitures qui font aujourd'hui, d'heure en heure, le service de Paris-Nord à Paris-Ouest, en s'arrêtant deux fois sur ce parcours de six kilomètres et qui se vident en partie à Saint-Denis, de sorte que leur effet utile est minime, si l'on compare le nombre de places offertes à celui des places occupées au delà de Saint-Denis. La traction de ces trains rendus plus légers, sera moins coûteuse et la durée de leur trajet pourra être abrégée, au plus grand avantage des voyageurs qui se rendent dans les localités situées au delà.

Ainsi, quel que soit le régime auquel on ait recours, qu'il s'agisse d'un train minuscule composé d'une seule voiture, ou d'un train de six voitures au maximum, ayant un chauffeur et un mécanicien sur la machine, mais accompagné par un seul conducteur, il y a une économie réelle à réaliser dans un grand nombre de cas, sous la réserve que les conditions d'application de ce système aient été préalablement examinées de près. Comme la réduction des frais d'exploitation a pour corollaire, soit

une diminution des avances faites par l'Etat au titre de la garantie d'intérêt, pour les Compagnies qui y ont recours, soit une chance pour que l'époque du partage du produit net, entre l'Etat et la Compagnie, soit avancé, s'il s'agit des compagnies qui n'ont pas recours à la garantie, on voit que le Trésor, c'est-à-dire la masse des contribuables, est intéressée au moins autant que les Compagnies à ce que ce mode d'exploitation soit appliqué partout où il permet de réaliser une diminution dans les dépenses.

Quant à l'augmentation des recettes, il est plus difficile de s'en faire une idée très exacte, non seulement si l'on veut la chiffrer à l'avance, mais même si l'on cherche simplement à se rendre compte du résultat d'un exercice écoulé. En effet, ce n'est pas sur le nombre des billets délivrés à des arrêts intermédiaires qu'on pourrait se fonder pour apprécier exactement le mouvement nouveau des voyageurs, dû à la mise en marche de trains-tramways ; telle localité dont les habitants se rendaient à la station voisine, utilise aujourd'hui exclusivement l'arrêt du passage à niveau qui leur abrège de plusieurs kilomètres le trajet à faire à pied ; si les recettes de la station à laquelle l'on enlève ce trafic, ne fléchissent pas, du moins elles ne s'élèvent pas comme on serait en droit de le penser. Il y a donc, de ce chef, une moins-value, qu'il serait à peu près impossible d'évaluer avec quelque certitude, et qui est à retrancher de l'augmentation produite par le gain des arrêts intercalés entre les stations existantes.

D'après la statistique qui a été faite des résultats du premier semestre, sur la ligne de Lille à Tourcoing on aurait constaté une augmentation de 9 p. 100 dans le nombre des voyageurs, augmentation dont il faudrait réduire la progression moyenne et normale, indiquée autrefois par M. de Franqueville, et évaluée par lui à 3 p. 100, pour l'ensemble des réseaux, mais qui peut être beaucoup plus élevée aux abords d'une grande ville telle que Lille.

Un travail analogue relatif à la ligne d'Aulnoye à Erquelines fait ressortir une augmentation de 15 p. 100 dans le mouvement des voyageurs, dont la plus grande partie serait à l'actif du nouveau service.

Enfin, en 1886, pour les onze lignes françaises du réseau du

Nord, desservies, soit par des trains-tramways, soit par des trains légers à six voitures au plus, le mombre des bulletins de perception déclarés par le conducteur chef de train a dépassé 96,000. Mais le nombre de voyageurs en provenance ou à destination des arrêts est, en réalité, supérieur à ce chiffre: car il arrive souvent que, pour gagner du temps, le conducteur délivre un bulletin collectif pour plusieurs voyageurs descendant au même point : en outre, les gares de Lille à Tourcoing, délivrent des billets en carton pour les arrêts, et ces billets ne figurent pas dans le compte des bulletins ; enfin la moitié de ces lignes n'a guère été exploitée par trains-tramways, qu'à partir du mois de juillet 1886.

En résumé, le problème de l'exploitation économique des chemins de fer à faible trafic, en France, n'est pas seulement posé, on peut le considérer comme résolu, bien que les décisions ministérielles portent invariablement la mention « à *titre d'essai* ». Cette réserve n'est pas cependant sans avoir sa raison d'être. Le public se fait vite aux améliorations et, s'il les saisit rapidement, il est trop aisément porté à en demander l'extension au delà de certaines limites, qu'on ne pourrait cependant franchir sans compromettre totalement les résultats qu'il s'agissait d'atteindre.

C'est ainsi que, s'habituant à assimiler les trains-tramways à des trains ordinaires où l'on doit toujours trouver des places disponibles, même quand il se produit une affluence imprévue, certains conseils municipaux ont demandé l'adjonction d'une seconde voiture aux trains qui n'en comporterait qu'une, au risque de voir circuler cette voiture à vide pendant la plus grande partie de la journée ou de la semaine. Ailleurs, c'est à la question des abris que se sont attaqués des voyageurs, trop amis du confort, oubliant que, lorsqu'ils attendaient en plein air, sur une route, le tramway à chevaux que remplace avec avantage le train-tramway à traction mécanique, ils ne songeaient pas à réclamer des salles d'attente, ni des poêles, ni des tapis. Pour répondre à ces exagérations, les Compagnies ont heureusement la ressource de faire ressortir qu'il ne s'agit que d'essais et que la suppression de ces services serait la conséquence de réclamations intempestives.

On a beaucoup, dans ces derniers temps, parlé des trains-tramways, soit comme d'une nouveauté, soit comme d'une vieillerie

importée de l'étranger ou imitée du mode d'exploitation de quelques-unes de nos lignes d'intérêt local.

Il ne serait pas plus exact de dire que la mise en circulation des trains-tramways, en 1886, réalise une véritable invention, brevetable pour ainsi dire, qu'il ne serait juste de dénier tout mérite aux ingénieurs qui, ayant à exploiter des lignes maigres en même temps que des lignes grasses, ont su approprier aux premières un système d'exploitation absolument distinct de celui que réclament impérieusement les secondes. La conception des trains-tramways appartient un peu à tout le monde, mais c'est sur le réseau du Nord qu'elle a été matérialisée et généralisée d'une manière pratique et régulière, grâce à un choix judicieux des sections de lignes auxquelles convient ce mode d'exploitation qui eût été plutôt nuisible sur d'autres lignes.

Nous ne terminerons pas cette étude sans signaler les dispositions de l'administration supérieure à laisser un peu plus de latitude, sur ce point, aux Compagnies qu'elle tient en rigoureuse tutelle. Serait-ce un signe des temps et pourrait-on, dès à présent, prévoir l'époque où l'État, considérant qu'il est l'associé des Compagnies, qu'elles ont le même intérêt que lui, à ce que la gestion soit aussi parfaite que possible, les laissera davantage maîtresses de régler et de modifier, suivant les nécessités urgentes du trafic, le service des trains et les tarifs ?

Aujourd'hui le régime des tarifs est à peu près définitivement assis ; d'autre part, le code des signaux a tout récemment imposé l'unité de langage qui donne toutes les garanties de sécurité ; quant au matériel, des conférences internationales ont réglé les conditions auxquelles il doit satisfaire. On peut donc laisser à ceux qui exploitent les chemins de fer l'initiative nécessaire pour faire œuvre de bon commerçant, tout en se prêtant, dans chaque cas particulier, aux exigences variables de leur clientèle.

4 mars 1887.

ANNEXE N° 1

TYPE D'ARRÊTÉ MINISTÉRIEL AUTORISANT LA MISE EN CIRCULATION DE TRAINS-TRAMWAYS

Arrêté de M. le Ministre des Travaux publics.

Vu le décret du Président de la République, en date du 29 mai 1880, relatif à la mise en circulation, à titre d'essai, pour le service des voyageurs, de voitures à vapeur portant leur moteur avec elles et de locomotives-tenders de faible poids, remorquant une ou plusieurs voitures, sans interposition de fourgon,

Et notamment les articles 2 et 3 de ce décret ainsi conçus :

« ART. 2. — Le personnel des agents accompagnant les voya-
» geurs pourra, dans le cas d'une seule voiture, être réduit à un
» mécanicien et à un conducteur garde-frein. »

« ART. 3. — Les mesures de précaution qui devront être
» observées dans la marche et dans les gares, les limites de vitesse
» qu'on ne devra pas dépasser, seront réglées par des arrêtés
» ministériels ; »

Vu la décision ministérielle du 6 mars 1882 et la circulaire ministérielle du 31 août de la même année, relatives à l'organisation de trains légers ;

Vu la demande présentée par la Compagnie du chemin de fer du Nord à l'effet d'être autorisée à faire circuler, à titre d'essai, pour le service des voyageurs, des trains légers et économiques, dits « trains-tramways », sur la ligne de Lille à Roubaix et à Tourcoing et sur celle de Boulogne à Saint-Omer ;

Vu les avis et propositions du service du contrôle ;

Vu l'avis du comité de l'exploitation technique des chemins de fer ;

Sur le rapport du conseiller d'État en service ordinaire, directeur des chemins de fer,

ARRÊTE

I. LIGNE DE LILLE A ROUBAIX ET A TOURCOING

ARTICLE PREMIER. — La Compagnie du chemin de fer du Nord est autorisée à mettre en circulation, à titre d'essai, sur la ligne de Lille à Roubaix et à Tourcoing, des trains légers et économiques dits « trains-tramways » qui seront distincts des trains de composition ordinaire actuellement existants.

ART. 2. — Ces trains pourront ne comporter que deux classes : la seconde et la troisième. Ils seront affranchis de l'obligation de transporter les articles de messageries, les chevaux, les voitures, les cercueils et les bagages.

ART. 3. — Ils seront composés, outre la locomotive, soit d'une seule voiture, sans interposition de fourgon, soit de plusieurs voitures, au nombre de six au plus.

ART. 4. — Dans les trains formés d'une seule voiture, le personnel pourra être réduit à un mécanicien et à un conducteur garde-frein, sous la réserve qu'une communication sera établie entre la locomotive et la voiture.

ART. 5. — Dans les trains formés de plus d'une voiture et de moins de sept, la voiture de choc pourra être supprimée.

ART. 6. — La Compagnie est autorisée à établir des arrêts facultatifs pour prendre ou laisser des voyageurs sans bagages et sans chiens, sans installations spéciales, aux points suivants :

Passage à niveau de Bouvines (rue de Bouvines) au kilomètre. 1k,355m

Pont du Lion d'Or, au kil. 2k,079m

Passage à niveau voisin de la bifurcation de Mouscron (chemin de Mons-en-Barœuil à Marcq), au kil. 3k,952m

Pont de Wasquehal (chemin du Quesne), au kil. . . 6k,200m

Passage à niveau de l'Allumette (chemin de la Makellerie), au kil. 8k,524m

Passage à niveau de la route d'Armentières (Chemin de Croix à Waterloo), au kil. 10k,614m

II. — LIGNE DE BOULOGNE A SAINT-OMER

ART. 7. — La Compagnie est autorisée à substituer à titre d'essai, aux trains actuellement existants de la ligne de Boulogne à Saint-Omer, des trains légers dont la voiture de choc pourra être supprimée lorsque les trains seront formés de moins de sept véhicules et que ces trains seront pourvus de freins continus.

ART. 8. — La Compagnie est autorisée à établir des arrêts facultatifs, sans installations spéciales (1), au passage à niveau de Blendecques, au kilomètre $57^{k},4$, entre Wizernes et Arques pour y prendre et y laisser des voyageurs, sans bagages et sans chiens.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

ART. 9. — La vitesse normale des trains-tramways, sans tenir compte des arrêts ne dépassera pas 57 kilomètres à l'heure sur la ligne de Lille à Roubaix et à Tourcoing et 53 kilomètre à l'heure sur la ligne de Boulogne à Saint-Omer.

ART. 10. — Dans les trains formés d'une seule voiture, le conducteur garde-frein arrêtera la machine, au cas où le mécanicien viendrait à en tomber, ou à être hors d'état de continuer son service. Les dispositions nécessaires seront prises à cet effet en ce qui concerne l'éducation du conducteur.

ART. 11. — La Compagnie devra soumettre à l'approbation de l'Administration supérieure, aussitôt que possible, après la mise en exploitation des trains-tramways, les ordres de service ayant pour objet de modifier les articles du règlement général homologué par la décision ministérielle du 3 mai 1878, qui devront être mis en harmonie avec les dispositions du présent arrêté.

ART. 12. — Les fonctionnaires et agents du contrôle du Chemin de fer du Nord sont chargés de surveiller l'exécution du présent arrêté qui sera notifié à la Compagnie.

Paris, le 15 juin 1885.

Signé : DEMOLE.

(1) Les décisions ultérieures portent, en outre : *et sans signaux.*

Annexe 2. CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DES

LOCOMOTIVES A DEUX ESSIEUX ACCOUPLÉS

(Stéphenson mixtes)

CHAUDIÈRE

Grille :	
Longueur horizontale. .	0.949
Largeur	0.934
Surface	0m²886
Foyer :	
Longueur intérieure en haut.	0.925
Largeur intérieure en haut.	0.920
Largeur intérieure en bas	0.934
Hauteur du foyer au-dessous du cadre. . .	1.400
Hauteur du foyer à l'axe de la chaudière . . .	0.180
Boîte à feu extérieure :	
Longueur	1.125
Largeur en haut. . . .	1.125
Largeur en bas.	1.125
Corps cylindrique :	
Diamètre intérieur moyen.	0.950
Epaisseur des tôles. . .	0.010
Hauteur de l'axe au-dessous des rails . .	1.735
Tubes :	
Nombre	125
Diamètre extérieur. . .	0.050
Longueur entre les plaques tubulaires . . .	3.757
Surface de chauffe :	
Du foyer.	4m²280
Des tubes à l'intérieur.	67m²251
Totale.	72m²231
Rapport :	
Surface des tubes à celle du foyer.	14
Surface de chauffe à celle de la grille	82
Timbre de la pression en kilogr.	6k5
Soupapes :	
Diamètre.	0.100
Longr du grand levier.	0.675
— du petit levier. .	0.075
Rapport.	1.9
Cheminée :	
Diamètre intérieur. . .	0.350
Hauteur au-dessus des rails.	4.120
Rapport de la surface de grille à la section de la cheminée	9.2
Boîte à fumée :	
Diamètre intérieur. . .	1.160
Longueur intérieure . .	0.785
Capacité de la chaudière :	
Eau 10 c/m au-dessus du ciel du foyer.	1m³750
Vapeur	1m³150
Totale.	1m³900

CHASSIS ET ROUES

Longueur totale du châssis, tampons compris. .		7.870
Longueur totale du longeron		6.930
Ecartement intérieur des longerons		1.196
Hauteur des longerons au-dessus des rails		1.393
Hauteur du dessus du longeron à l'axe de la chaudière.		0.442
Longueur de la traverse d'avant		2.550
Hauteur des tampons au-dessus des rails		0.970
Diamètre des roues au contact.	1re.	1.040
	2e.	1.739
	3e.	1.739
Ecartement des essieux	1er au 2e. .	2.000
	2e au 3e. .	2.420
Ecartement des essieux extrêmes		4.420
Diamètre des essieux au corps	1re.	0.130
	2e.	0.145
	3e.	0.145
D'axe en axe des fusées.	1re. . . .	1.850
	2e. . . .	1.205
	3e. . . .	1.205
Fusées des essieux 1re.	Diamètre.	0.105
	Longueur.	0.190
2e.	Diamètre.	0.165
	Longueur.	0.150
3e.	Diamètre.	0.165
	Longueur.	0.150
Tourillons des manivelles motrices.	Diamètre.	0.085
	Longueur.	0.100
Bielles d'accouplement. 2e moteur	Diam.	0.075
	Longr.	0.085
3e arrière.	Diam.	0.075
	Longr.	0.085
Rayon des manivelles d'accouplement		0.280

MÉCANISME

Cylindres :	
Ecartement d'axe en axe.	1.888
Diamètre.	0.380
Course du piston. . . .	0.560
Inclinaison sur l'horizontale.	0
Section du tuyau de prise de vapeur	7.850mm²
Section du tuyau d'échappement	11.900mm²
Bielles motrices :	
Longueur d'axe en axe.	1.775
Tourillons des petites têtes. . . Longueur	0.055
— Diamètre.	0.070
Rapport de la longueur de la bielle motrice à la manivelle	6.4
Inclinaison des tiroirs sur l'axe des cylindres. . .	0
Excentriques :	
Angle d'avance.	30°
Rayon d'excentricité. .	0.058
Longueur des barres. .	1.750
Course des tiroirs	0.119
Longueur des lumières (admission et échappement)	0.250
Largeur des lumières :	
Admission.	0 040
Echappement.	0.076
Recouvrement total des tiroirs . . . extérieur.	0.052
— intérieur.	0.002
Effort de traction maximum théorique	3022k5
— Coefficient de 0.65. .	1964k5
Poids de la machine vide.	21t800
— en charge.	23t800
Répartition du poids par essieu en charge :	
1er essieu	8t500
2e —	8t500
3e —	6t800
Poids utile pour l'adhérence	15t300
Rapport du poids adhérent à l'effort de traction pratique.	7.8

RESSORTS DE SUSPENSION

DÉSIGNATION des essieux	FEUILLES Nombre	FEUILLES Dimensions	ÉTAGEMENT	RAYON de fabrication	FLÈCHE de fabrication	CORDE de fabrication	CHARGE d'épreuve
1er essieu . . .	15	90/10	0.035	2.000	0.055	0.940	8570k5
2e — . . .	13	90/10	0.0425	2.000	0.055	0.940	7060k5
3e — . . .	10	90/10	0.060	2.000	0.055	0.940	5000k5

NOTE

SUR

L'ORGANISATION DES TRAINS-TRAMWAYS

DANS DIVERS PAYS

(AUTRICHE, ALLEMAGNE, BELGIQUE, ITALIE)

Par M. G. CERBELAUD

Trains-tramways en Autriche.

En Autriche pays d'origine des *trains légers et économiques* ces sortes de trains que nous nommons *trains-tramways*, sont caractérisés par une vitesse réduite, par une faible charge et certaines simplifications dans les conditions d'exploitation.

Ils ont été appliqués dans cette contrée à deux cas bien distincts :

D'abord à l'exploitation économique des chemins de fer à faible trafic et ensuite à la création d'un service de trains supplémentaires intercalés entre les trains ordinaires sur des sections de grandes lignes et, en particulier, dans la banlieue des villes importantes.

Le succès obtenu par les trains-tramways en Autriche, ressort du tableau suivant, dont nous empruntons les éléments à une note de M. Kopp, directeur général de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, et qui indique, par compagnie, le nombre de kilomètres sur lesquels circulaient déjà des trains de ce type au 1er mai 1881 :

1° Trains-tramways desservant des lignes secondaires :

Nord-Ouest Autrichien.....	70	kilomètres
Sud de l'Autriche.....	15	—
État Autrichien.....	167	—
	252	kilomètres

2° Trains-tramways faisant le service local ou de banlieue sur les lignes principales :

Nord-Ouest.....	32	kilomètres
Impératrice Elisabeth.....	613	—
État autrichien.....	188	—
	833	kilomètres
Ensemble :	1,085	kilomètres

Réglementation. — La réglementation n'est pas uniforme en Autriche pour le service des trains-tramways ; les administrations demandent pour chaque cas particulier, des autorisations spéciales, qui sont toujours accordées, en prenant pour base une vitesse réduite et l'établissement d'une communication constante entre le conducteur et le mécanicien.

Voici le résumé des mesures adoptées, conformément à cette réglementation, par les chemins de fer de l'État et ceux de la Südbahn.

Vitesse. — La vitesse de marche est limitée à 30 kilomètres à l'heure pour les trains-tramways en Autriche. Cette vitesse maxima descend même à 24 et 23 kilomètres pour les trains secondaires en Autriche et en Hongrie. Cette réduction de vitesse fait l'objet de nombreuses réclamations de la part du public qui demande qu'on élève le maximum à 40 kilomètres à l'heure.

Composition des trains. — Les trains peuvent être formés, soit de voitures à vapeur, soit de locomotives-tender indépendantes remorquant un matériel spécial ou un matériel ordinaire.

Le fourgon, intercalé entre la machine et la première voiture dans les trains ordinaires, peut être supprimé toutes les fois que le train ne se compose pas de plus de 3 voitures à 4 roues ou de 2 voitures à 8 roues.

On peut, en outre, faire marcher les trains-tramways avec la locomotive à rebours, c'est-à-dire tender en avant, ce qui facilite beaucoup l'exploitation en navette des petites sections.

Matériel et traction. — Notre honorable collègue, M. Polonceau, ancien ingénieur en chef de la Société autrichienne des

chemins de fer de l'État, auquel nous empruntons les détails qui suivent, nous apprend que sur ce réseau, on forme les *trains-tramways* avec du matériel courant à intercommunication et que l'on fait usage pour remorquer ces trains de machines du type ordinaire. Pour obtenir la meilleure utilisation et, par suite, la plus grande économie, on prend pour ce service, soit une machine de manœuvre ou de réserve, soit la première machine disponible arrivant en gare. On complète ainsi avantageusement le roulement des machines ordinaires en leur faisant faire le service, généralement très court, des trains-tramways, et l'on économise la dépense d'allumage et de mise en pression qui, pour des trains de petit parcours est loin d'être négligeable.

Pour les lignes secondaires à profil accidenté, la Société des chemins de fer de l'État emploie des locomotives-tender spéciales à 6 roues accouplées. On a créé aussi, pour ce service, des fourgons à bagages renfermant un compartiment pour la poste. Quant au matériel à voyageurs, il est du type ordinaire de la Compagnie.

A la *Südbahn*, on fait usage d'un matériel spécial pour les trains-tramways.

Les voitures sont du type américain, à 4 roues, à plate-formes et à couloir intérieur; un train de 3 véhicules renferme ordinairement :

1 voiture de 3me classe
1 — mixte 1re et 2e classe.
1 — — 2e et 3e classe.

offrant en tout :

16 places de 1re classe.
32 — de 2e —
76 — de 3e —

soit 124 places par train.

Les véhicules sont munis du frein continu (frein à vide).

La locomotive à 2 essieux couplés, est munie à l'arrière d'un compartiment à bagages faisant corps avec elle. Elle pèse en charge 23 tonnes environ et peut remorquer facilement un train de 3 véhicules (30 tonnes) sur des rampes de 25 m/m à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure.

Sur la Westbahn, les locomotives n'ont pas de compartiment à

bagages; ce dernier est alors prévu dans un certain nombre de voitures. Sur d'autres lignes, on a transformé d'anciennes voitures pour en faire du matériel à couloir.

Personnel. — En principe, le personnel des trains est réduit à un seul machiniste et à un seul conducteur quand le nombre des véhicules n'excède pas *trois* et sous la réserve d'une communication constante entre le mécanicien et le conducteur.

Aux chemins de fer de l'État où l'on fait usage de locomotives ordinaires, il y a nécessairement deux hommes sur la machine.

Le service peut se faire facilement dans ces conditions, puisqu'à la Südbahn *(nous dit M. Bandérali, dans une note sur les trains secondaires en Autriche)*, avec un train de 3 voitures et 2 hommes seulement, on fait chaque jour le service entre Botzen et Innsbrück, soit 126 kilomètres, aller et retour, en 16 heures, en franchissant deux fois les rampes du Brenner, sans changer de personnel.

Arrêts facultatifs. — Des arrêts facultatifs existent en dehors des stations proprement dites; les trains s'y arrêtent, soit à la demande des voyageurs qui veulent descendre, soit sur la présentation du signal du garde-voie pour ceux qui veulent monter. C'est le chef de train qui est chargé de délivrer des billets à ces derniers voyageurs.

La protection du train s'arrêtant en pleine voie est assurée à l'arrière par le conducteur et à l'avant, s'il y a lieu, par le machiniste ou son chauffeur.

Prix des places. — Dans les trains-tramways de la Société de l'État autrichien, le prix des places a été abaissé de 33 1/3 0/0 au-dessous du tarif ordinaire (conséquence de la vitesse réduite).

Recettes et dépenses. — La recette moyenne des trains-tramways de la banlieue de Vienne a été, pour l'exercice 1880, d'après les chiffres fournis par M. Kopp, de *1 fr. 14* par kilomètre de train; la dépense correspondante est estimée à *0 fr. 54* se décomposant ainsi qu'il suit :

Traction et entretien du matériel. . .	Fr.	0,43
Service des trains et des gares		0,11
Total par train kilom . .	Fr.	0,54

CONDITIONS D'EXPLOITATION	AUTRICHE	ALLEMAGNE
RÉGLEMENTATION.	Décision spéciale pour chaque cas particulier, basée sur : Vitesses réduite. Communication entre le machiniste et le conducteur.	Réglementation uniforme sur les lignes prussiennes. Une seule classe. Pas de bagages. Une vitesse réduite à 30 kil. (condition expresse pour la suppression du fourgon de choc). Deux hommes sur la machine.
VITESSE MAXIMA.	30 kilom. pour les trains-tramways. 23 à 24 pour les trains secondaires.	30 kilomètres. (C'est la vitesse et non le nombre de véhicules qui caractérise les trains-tramways prussiens. Au-dessus de 30 kil., il faut ajouter un fourgon de choc.)
COMPOSITION DES TRAINS	3 voitures.	Pas de limite réglementaire ; en pratique 2 ou 3 voitures.
TRACTION	Locomotives ordinaires sur l'État. Locomotives spéciales sur l'État pour lignes à fortes rampes. Machines-tenders spéciales avec fourgon à bagages sur la Südbahn.	Petites locomotives Krauss de 8 tonnes. Locomotives Hohenzollern de 20 tonnes. Voitures à vapeur.
MATÉRIEL.	Matériel ordinaire sur l'État. Voitures américaines à 76 places sur la Südbahn. Fourgons indépendants avec compartiment postal (Etat) ou faisant corps avec la machine (Südbahn).	Voitures de 3e classe à intercommunication. Voitures à deux étages. Voitures à vapeur à moteur amovible (type Rowan).
PERSONNEL DES TRAINS.	Un machiniste et un conducteur dans le cas des machines spéciales. Un mécanicien, un chauffeur et un conducteur dans le cas des machines ordinaires.	Un mécanicien et un chauffeur, *pas de conducteur* (Ceinture de Berlin et Berlin-Hambourg). Un mécanicien, un chauffeur et un conducteur (Berlin-Gorlitz).
ARRÊTS FACULTATIFS.	Sans installations spéciales, arrêts à la demande des voyageurs ou sur signal du garde-voie.	Arrêts facultatifs avec installation pour la délivrance des billets.
TARIFS ET PERCEPTION	Tarif à 33 1/3 0/0 au-dessous des prix ordinaires (conséquence de la réduction de vitesse). Perception en route par le conducteur.	Tarif réduit et uniforme sur Berlin-Gorlitz ; tarif ordinaire sur les autres lignes. Perception par les stations ou haltes qui délivrent des billets. Contrôle en route par le *chauffeur*, dans les cas où le conducteur est supprimé.

TION DES TRAINS-TRAMWAYS DANS DIVERS PAYS

BELGIQUE	ITALIE	FRANCE
r l'État — s-tram- propre- t dits à de. ice de voi- s à va- r Belpai- ur divers branche- nts.	Sur Liège-Maëstricht — Une seule classe. Bagages facultatifs sans rétribution et aux risques et périls des voyageurs. — Sur le Nord-Belge et le chemin de fer de Chimay, comme sur le Nord français.	Règlement spécial au chemin de fer de la Haute-Italie.	Décision ministérielle pour chaque ligne, en prenant pour base le décret du 20 mai 1880
kilom. (Liège-Maëstricht). nes vitesses qu'en France sur ord-Belge et Chimay.	40 kilomètres.	50 à 60 kilomètres.
pratique 4 à 6 voitures.	2 voitures et 1 fourgon.	6 véhicules.
ites machines-tenders de 15 onnes sur Liège-Maëstricht. tures à vapeur Belpaire sur Etat. mes machines qu'en France ur le Nord-Belge et Chimay.	Locomotives Krauss et voitures Belpaire.	Anciennes locomotives transformées sur : le *Nord*, l'*Est*, l'*Ouest* et la *Grande-Ceinture*. Voitures à vapeur et locomotives-fourgon sur l'*Etat*.
tures à couloir à 48 places ur Liège-Maëstricht. tures Belpaire sur l'Etat. mes véhicules qu'en France ur le Nord-Belge et Chimay.	Voitures américaines à 4 roues et à 50 places. Voitures à étage. Voitures Belpaire.	Transformation d'anciens véhicules à couloir en voitures à 73 places à intercommunication et à châssis articulés; système Bricogne sur le *Nord*, l'*Est* et la *Grande-Ceinture*. Matériel à étage à l'étude sur l'*Ouest*.
machiniste, un chauffeur et n conducteur (le chauffeur est upprimé sur Nord-Belge et himay dans les trains com- osés d'un seul véhicule.)	Un mécanicien, un chauffeur et un conducteur.	Un machiniste et un conducteur pour un train d'une seule voiture. Un mécanicien, un chauffeur et un conducteur pour un train de 2 à 6 véhicules.
rêts intermédiaires comme en France sur le Nord-Belge. ur Liège-Maëstricht, véritables haltes couvertes par des si naux, mais ne délivrant pas de billets.	Arrêts facultatifs à des passages à niveau.	Arrêts intermédiaires sans installations spéciales.
ur Liège-Maëstricht, une seule classe, tarif spécial à 5 centi- mes par kilomètre. arif ordinaire pour les autres lignes. erception en route par le con- ducteur.	Tarif ordinaire. Perception en route par le conducteur.	Tarif ordinaire. Perception en route par le conducteur, pour les voyageurs montant aux arrêts intermédiaires.

Trains-Tramways en Allemagne.

Réglementation. — Voici le texte des prescriptions imposées par le gouvernement prussien pour ce genre de service :

1° Les trains se composent uniquement de voitures de 3e classe;

2° Le service de la poste n'emportera que des lettres;

3° On ne transportera pas de bagages;

4° Il ne sera pas nécessaire de mettre un fourgon entre la locomotive et les voitures à voyageurs, tant que la vitesse ne dépassera pas 30 kilomètres à l'heure.

5° Il devra y avoir un machiniste et un chauffeur sur la locomotive;

6° Les billets seront délivrés aux voyageurs par le conducteur du train.

Comme on le voit, ici il s'agit d'un véritable service de tramways à vapeur où le principe de la limitation de vitesse est encore une condition essentielle.

Actuellement, il existe en Prusse des trains-tramways sur les réseaux suivants :

Berlin-Gorlitz,
Basse Silésie et Marches,
Berlin-Hambourg.

Berlin-Gorlitz. — Les trains-tramways circulent sur la section de Berlin à Grünau (14 kilomètres, banlieue de Berlin), à double voie, presque sans courbes et à profil sensiblement horizontal.

Il y a trois arrêts facultatifs.

La *traction* est effectuée par de petites machines spéciales, système Krauss, pesant seulement *8* à *9 tonnes* et de la force de 25 chevaux, chauffées au coke. Elles remorquent sans difficulté 5 voitures d'un poids total de 57 tonnes à la vitesse de 30 kilomètres.

Le *matériel roulant* est formé de grandes *voitures à deux étages*, pouvant contenir 110 à 120 voyageurs de 3e classe.

Elles sont à châssis surbaissé et à impériales fermées, analogues aux voitures Vidard en usage sur la Ceinture de Paris. Elles sont montées sur deux trucs ou *bogies* à deux essieux chacun.

Leur longueur totale de tampons à tampons est de 11m,50.

A l'une des extrémités se trouve une plate-forme fermée sur laquelle est disposé l'escalier qui conduit à l'étage supérieur.

Ces voitures sont construites entièrement en fer et pèsent 10.290 kilos.

Le service des trains est assuré par des convois formés d'une seule voiture spéciale à laquelle on ajoute le dimanche et les jours de fête des voitures ordinaires de 3e classe. Ces trains marchent à la vitesse réglementaire de 30 kilomètres à l'heure.

Le personnel comprend un machiniste, un chauffeur et un conducteur.

Les dépenses de traction proprement dites se sont élevées pendant l'exercice 1879-1880 à 13,372 pfennings, soit 0 fr. 16715 par kilomètre de train; et les dépenses totales, en y comprenant les frais de personnel, ainsi que l'intérêt et l'amortissement du matériel, à 37,59 pfennings, soit : 0 fr.47 par train et par kilomètre.

La note précitée de M. Polonceau, à laquelle nous empruntons encore ces renseignements, renferme, au sujet de ces chiffres, la réflexion suivante :

« Nous donnons les chiffres tels que la Compagnie de Berlin-Gorlitz nous les a donnés, mais nous sommes un peu incrédules; lorsqu'une grande Compagnie patronne une nouvelle chose, tout le personnel a une tendance à ne pas faire supporter à cette nouvelle création des dépenses qui lui incombent de fait; ainsi nous ne trouvons rien dans ces comptes, pour les garnitures, pour l'entretien de l'outillage et des agrès, pour le personnel malade qu'il faut remplacer, etc. »

Basse Silésie et Marches. (Ceinture de Berlin). — Le service des trains-tramways a été organisé sur la Ceinture de Berlin, sur deux sections longues de 19 et de 32 kilomètres. La première contient 6 stations et la seconde 4.

La ligne est peu fréquentée, à part les dimanches et fêtes; le profil et le tracé n'offrent rien d'extraordinaire.

Le *matériel* se compose de *voitures à vapeur*, à moteur amovible (type Rowan), qu'on a récemment perfectionnées et qui offrent les dispositions suivantes :

La machine est construite de façon à pouvoir être séparée au besoin, et être mise à toute autre voiture du même type et même s'accrocher à des wagons ordinaires.

Les compartiments pour les voyageurs sont très confortables; ils sont éclairés au gaz et chauffés à la vapeur. Le poids total de la voiture à vapeur est de 18.800 kilos à vide, et en service, avec 45 voyageurs et 500 kilos de bagages il atteint 23.500 kilos.

La machine est chauffée au coke de gaz, elle en consomme 2k.5 à 2k.8 par kilomètre de train.

Le service des trains se fait à l'aide d'une seule voiture à vapeur. Elle est accompagnée d'un machiniste et d'un chauffeur, *sans conducteur*.

La responsabilité du service incombe au machiniste et c'est le chauffeur qui fait le contrôle des billets. Les billets sont délivrés aux stations.

Berlin-Hambourg. — Les trains-tramways circulent sur Berlin-Spandau (12 kilomètres) avec du matériel spécial, et sur Hambourg-Friedrichruhe avec du matériel ordinaire.

Sur la ligne de Berlin-Spandau, la traction s'opère au moyen de locomotives type Hohenzollern à deux essieux accouplés, pesant 18 tonnes à vide et 24 tonnes en service. Elles consomment 3 kil. de coke par kilomètre.

Le *matériel roulant* consiste en voitures de 3e classe à deux essieux et à intercommunication. Quelques-unes ont un compartiment de 2e classe et d'autres un compartiment à bagages.

Elles sont chauffées au moyen de briquettes et munies du frein continu (frein à vide).

Les *trains* sont généralement formés d'une seule voiture, on en ajoute une autre les jours d'affluence. Le train n'est accompagné que d'un machiniste et d'un chauffeur, en raison de l'intercommunication; comme précédemment, c'est le chauffeur qui fait le contrôle des billets (1). Le prix de ces billets est le même que pour les trains ordinaires.

(1) On voit que les administrations allemandes arrivent à n'employer que deux agents pour le service des trains-tramways, tout en satisfaisant aux prescriptions réglementaires qui exigent toujours la présence de deux hommes sur la machine; tandis qu'en Autriche et en France, on supprime le chauffeur, les Allemands suppriment le conducteur dont le règlement officiel ne fait pas mention.

Trains-Tramways en Belgique.

La Belgique est par excellence le pays des tramways.

Toutes les relations urbaines et suburbaines y sont assurées au moyen de nombreuses lignes où les voitures sont le plus souvent remorquées par des machines à vapeur et autres moteurs mécaniques. Ces tramways à vapeur se prolongent maintenant à de grandes distances dans la campagne sous le nom de *chemins de fer vicinaux*, qu'une nouvelle loi a récemment réglementés.

Dans ces conditions, il ne faut pas s'étonner que le système des trains-tramways semblables à ceux que nous venons de décrire ne se soit pas encore beaucoup développé dans ce pays.

Cependant, il y a déjà quelques exemples de service de trains-tramways en Belgique sur les chemins de fer concédés, et nous savons que la question est en ce moment à l'étude aux chemins de fer de l'Etat Belge.

Du reste, depuis longtemps déjà on fait usage, pour l'exploitation économique des embranchements, sur ce dernier réseau, de voitures à vapeur dites *voitures-Belpaire* que l'on peut considérer comme de véritables *trains-tramways*.

Quant aux trains-tramways proprement dits, ils circulent actuellement, dans la banlieue de Liège, sur les voies de la *Compagnie de Liège-Maëstricht* et sur celles du *Nord-Belge* et, plus loin, sur le *chemin de fer de Chimay*.

Ces deux dernières appartenant à la Compagnie du Nord ou étant exploitées par elle, le service y est organisé absolument comme sur la partie française du réseau.

Liège-Maestricht. — Les trains-tramways sont organisés sur la section de Liège à Visé, qui se développe parallèlement à la Meuse, longée déjà par une ligne de tramways à vapeur.

Les *arrêts* établis aux passages à niveau sont munis de quais clôturés et éclairés. Ce sont de véritables haltes protégées par des signaux à distance.

La *vitesse* des trains-tramways est de 35 kilomètres à l'heure.

La *traction* est faite par de petites locomotives-tender à 6 roues

accouplées, pesant 15 tonnes en service et consommant 3 kilogr. 1/2 de charbon par kilomètre. Il y a un mécanicien et un chauffeur.

Le *matériel* consiste en voitures à couloir avec portes roulantes à chaque extrémité. Elles peuvent contenir 48 voyageurs assis. Elles sont chauffées au moyen d'un calorifère (modèle de l'État prussien).

Il n'y a qu'une classe. La taxe est de 5 centimes par kilomètre avec minimum de 20 centimes.

Chaque *train* est formé de 2, 3 et quelquefois 4 voitures dont l'une est réservée aux fumeurs.

Bien qu'en principe on ne transporte pas de bagages, chaque train est muni d'un fourgon de queue et d'un fourgon de tête de petit modèle où les voyageurs peuvent déposer eux-mêmes leurs colis, à leurs risques et périls et sans supplément de prix.

Le prix des places est perçu en route par le garde-contrôleur (conducteur) (1).

Trains-Tramways pour le service militaire a Anvers. — Il existe sur le *groupe d'Anvers* des chemins de fer de l'État belge, un service de voitures-Belpaire. Ce service est organisé pour le compte du département de la Guerre et dessert la ligne des forts qui entourent Anvers. Il n'est pas public et sert exclusivement à la garnison des forts. L'exploitation a fait l'objet d'un forfait fixé par l'Administration supérieure.

La voiture à vapeur (système Belpaire) en usage peut contenir 22 voyageurs de 1re et 2e et 22 voyageurs de 3e classe.

On y ajoute une voiture-fourgon de 30 places. La voiture Belpaire est munie de l'appareil à contre-vapeur et d'un frein à vis manœuvré à la main.

Le profil de la voie a des rampes de 6 à 7 millimètres et le tracé des courbes très prononcées. La vitesse moyenne est de 25 kilomètres à l'heure.

Le train est desservi par un seul machiniste et un conducteur (chef-garde) qui fait aussi fonction de serre-frein (2).

(1) Extrait d'une note communiquée par M. Clermont, directeur des Chemins de fer de *Liège à Maëstricht*, à la *Revue générale des Chemins de fer* (mars 1884).

(2) Nous devons les renseignements sur les trains stratégiques d'Anvers à l'obligeance de M. l'Ingénieur Bollekens, directeur de service des chemins de fer de l'Etat belge à Anvers.

Trains-tramways en Italie.

Ils sont organisés, depuis 1881, sur cinq sections des chemins de fer de la Haute-Italie, savoir :

Milan-Lecco	51	kilomètres
Gênes-Camogli	20	—
Santhia-Biella	28	—
Turin-Chieri	22	—
Venise-Trévise	29	—
Ensemble	150	kilomètres

Leur but est de développer le service de banlieue des grandes villes, en concurrence avec de nombreuses lignes de tramways ordinaires à vapeur et d'exploiter économiquement des sections à faible trafic.

Matériel et Traction. — On emploie soit les voitures-Belpaire comme sur Turin-Chieri et Venise-Trévise, soit les petites machines-tender allemandes *Krauss* remorquant des voitures américaines à 4 roues. Les bagages sont logés dans des compartiments spéciaux de ces voitures et sur certaines lignes dans des fourgons séparés. On a essayé aussi d'utiliser d'anciennes voitures à étage, mais ces véhicules ont été trouvés incommodes par le public; toutefois pour le service de nouvelles lignes on étudie la construction de nouvelles voitures à étage.

Tout ce matériel spécial est construit assez solidement pour pouvoir au besoin entrer dans la composition des trains ordinaires (considération stratégique).

Composition des trains. — Normalement le train-tramway ou *train secondaire* se compose d'un fourgon à bagages et de 2 voitures américaines; l'une mixte 1re classe (12 places) et 2e classe (32 places), l'autre de 3e classe (49 places), soit en tout 93 places assises; en cas d'affluence, 30 voyageurs debout peuvent encore se placer sur les plates-formes.

Ces trains sont remorqués par une locomotive Krauss.

Sur les lignes desservies par les voitures à vapeur Belpaire (qui comprennent un compartiment à bagages et les 3e classes), on y ajoute une voiture américaine (1re et 2e classe).

Tous ces véhicules sont en communication par leurs plates-formes.

La vitesse maxima est de 40 kilomètres à l'heure, et, sur les lignes où les trains secondaires sont venus remplacer les anciens trains ordinaires, la vitesse de ces derniers a été maintenue.

Dès arrêts intermédiaires existent aux passages à niveau les plus fréquentés.

Le personnel des trains se compose d'un mécanicien, d'un chauffeur et d'un conducteur. Ce dernier effectue la recette pour les voyageurs montant aux haltes intermédiaires.

Les résultats obtenus ont été assez avantageux pour que, dans certains cas, comme sur la ligne de Milan-Lecco, on ait pu ajouter un 5e train secondaire dans chaque sens, au lieu des 4 trains ordinaires qui desservaient primitivement cette ligne (1).

CONCLUSIONS

Par ce qui précède, on voit que les trains-tramways à l'étranger sont organisés dans des conditions un peu différentes des règles établies en France pour ce genre de service.

Le caractère principal des règlements autrichiens et allemands consiste dans la réduction de la vitesse, réduction qu'on s'est bien gardé d'imposer chez nous à des convois légers qui doivent s'intercaler entre les trains du service ordinaire sur les grandes lignes, sans apporter aucune gêne à ce service, ou qui sont destinés à desservir des sections secondaires, en s'arrêtant partout où cela est nécessaire et en assurant néanmoins des correspondances régulières aux points de jonction avec les lignes principales. Dans ces conditions, une limitation excessive de la vitesse des trains-tramways serait un véritable contresens.

Aussi doit-on se féliciter de ce que l'Administration française, adoptant les conclusions du remarquable rapport de M. Heur-

(1) D'après une étude publiée par la *Gazette de l'Union des chemins de fer allemands* du 25 novembre 1881.

teau (1) autorise, au contraire, nos trains-tramways à marcher à des vitesses qui peuvent atteindre, comme sur le réseau du Nord, par exemple, 60 kilomètres à l'heure.

Pour le nombre maximum d'agents et pour la composition des trains-tramways, pour les arrêts intermédiaires sans signaux ni installations spéciales, nous avons aussi généralement adopté les mesures les plus larges des règlements étrangers.

En un mot, nous avons profité de l'expérience acquise dans les autres contrées, et, comme l'a fort bien dit M. Cossmann, dans une précédente communication (2), si les trains-tramways ne sont pas nés en France, ils y ont été baptisés et... perfectionnés.

Ajoutons que ce résultat est dû surtout à la Compagnie du Nord, et particulièrement à l'intelligente initiative de son Ingénieur Chef d'exploitation-adjoint, l'honorable M. Sartiaux, qui peut être considéré comme le promoteur des trains-tramways en France.

(1) Rapport présenté le 27 décembre 1881, au Comité de l'Exploitation technique des chemins de fer, au nom de la Sous-Commission des trains légers et économiques dits *trains-tramways*, par M. Heurteau, Ingénieur des Mines, actuellement Directeur du chemin de fer d'Orléans.

(2) Communication de M. Cossmann sur le *Service des trains-tramways organisé par la Compagnie du chemin de fer du Nord*, (Séance du 4 mars 1887, à la Société des Ingénieurs civils).

CHRONIQUE

Sommaire. — Expériences sur une pompe à vapeur Worthington. — Le gaz naturel aux États-Unis. — Une puissante machine à vapeur. — Emploi de l'hydrogène pour remplacer les explosifs dans les mines. — Lampes électriques de mines.

Expériences sur une pompe à vapeur Worthington. — Notre collègue, M. J. G. Mair, a publié dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers* le résultat d'expériences très complètes effectuées par lui aux États-Unis sur une pompe à vapeur à action directe du système Worthington, au mois de décembre 1885. Nous allons d'abord faire connaître le principe de cette pompe et ses avantages.

Il y a à peu près vingt-cinq ans que la première machine de ce système a été mise en service, et ce type s'est répandu à tel point aux États-Unis qu'on peut affirmer que 40 0/0 de l'eau distribuée dans ce pays est élevée par des pompes Worthington.

Le principe du système est l'emploi de deux appareils accolés composés de deux cylindres à vapeur actionnant directement une pompe à double effet, chaque appareil commandant les tiroirs de distribution de l'autre. Il y a dans chacun un grand et un petit cylindre disposés dans le même axe avec la pompe ; le tout est disposé horizontalement.

La distribution est combinée de telle manière que le débit de l'appareil est d'une constance presque absolue et, en tout cas, beaucoup plus régulier que celui de pompes actionnées par bielles et manivelles et mêmes accouplées. C'est cette régularité de débit qui a fait employer le système qui nous occupe pour les conduites de pétrole où le frottement arrive à représenter une hauteur d'eau de 1,000 mètres, soit 100 atmophères. Au début, lorsqu'on essaya d'employer des pompes ordinaires, la variation de charge au manomètre s'élevait à des dizaines d'atmosphères à fin de course et amenait de fréquentes ruptures des pompes et des conduites.

C'est facile à comprendre si on se représente une conduite de $0^m,150$ de diamètre et 50 kilomètres de longueur dans laquelle refoulent deux pompes à double plongeur de $0^m,250$ de diamètre. La conduite contient à peu près 750 tonnes d'huile ; si on admet que ce poids est attaché à la tige du piston de la pompe et suit les variations de vitesse de celui-ci, un calcul très simple fera voir les efforts qui peuvent se produire,

surtout si on considère que la résistance principale provient du frotte ment dans la conduite, lequel varie avec le carré de la vitesse du liquide. On peut donc se rendre compte de l'avantage énorme qu'il y a à régulariser et uniformiser le débit des pompes à chaque moment de la course. Il y a actuellement en service pour les conduites à pétrole soixante à soixante-dix machines de ce modèle dont quelques-unes atteignent des puissances de 600 à 800 chevaux.

Pour faire une machine économique de consommation, ce qui était nécessaire pour des forces considérables, il fallait faire une machine à grande détente et la difficulté était de réaliser sur les pistons des pompes des efforts constants malgré la variation de la pression sur les pistons à vapeur d'une extrémité à l'autre de la course. Dans les machines à rotation, c'est le volant qui est chargé d'emmagasiner l'excès de force au commencement de la course pour le restituer à la fin, mais il fallait chercher autre chose.

M. Worthington a eu recours à l'emploi de compensateurs d'une disposition très ingénieuse composés de deux petits cylindres oscillants dont les pistons sont attelés sur la tige de la pompe ; ces pistons suivent le mouvement de celle-ci, de manière à se trouver à angle droit avec elle au milieu de la course. Il en résulte que dans la première moitié de la course ils reçoivent la pression venant de la machine et la restituent dans la seconde moitié. Les cylindres contiennent de l'air ou de l'eau sous pression.

Grâce à cet artifice, on peut obtenir un effort très sensiblement constant sur les pompes avec une expansion de 10 à 12 volumes pour la vapeur.

Les expériences ont été exécutées sur une pompe installée à Brooklyn spécialement pour ce genre d'opérations. Cette pompe aspirait dans un puits et refoulait à travers une soupape chargée de sorte qu'on était maître de faire varier les charges à volonté sans être embarrassé par des conduites et des réservoirs.

Les données de la machine étaient les suivantes :

Diamètre du petit cylindre.	$0^m,456$
— du grand —	$0^m,915$
— des plongeurs des pompes	$0^m,456$
Course commune	$0^m,657$

La vapeur était fournie par une chaudière à vapeur tubulaire verticale, à l'état sec et même légèrement surchauffé. Les cylindres étaient munis d'enveloppes de vapeur dont l'eau de condensation était recueillie et mesurée. La vapeur sortant des cylindres était envoyée à un condenseur dont la pompe à air était mue, ainsi que la pompe alimentaire, par une machine indépendante recevant la vapeur d'une chaudière spéciale. L'eau d'alimentation était jaugée dans un réservoir disposé à cet effet et mesurée en outre par un

compteur ; les indications données par les deux procédés ont coïncidé à 1/4 0/0 près.

L'eau de condensation était également jaugée dans un réservoir par son passage sous charge constante à travers un orifice circulaire de trois pouces de diamètre ; les températures de l'eau avant et après la condensation étaient notées.

Des indicateurs étaient installés sur chaque extrémité de chaque cylindre, soit en tout huit indicateurs, et on relevait des diagrammes simultanément tous les quarts d'heure, en même temps qu'on notait toutes les autres indications.

Le travail était obtenu non seulement sur les pistons à vapeur, mais également sur les pistons des pompes par la pression au refoulement, car on ne pouvait pas mesurer le débit des pompes.

On a trouvé un rapport de 91.5 0/0 entre le travail indiqué sur les pistons à vapeur et le travail sur les pistons des pompes, mais il faut déduire le travail correspondant à la mise en mouvement de la pompe à air qui peut être évaluée à 3.5 0/0, soit un rendement de 88 0/0, ce qui est supérieur à ce qu'on obtiendrait d'une pompe à rotation, les pistons et tourillons des cylindres compensateurs prenant évidemment moins de travail résistant que les tourillons de l'arbre d'un volant, les boutons de manivelles, glissières, etc.

La machine peut être menée à des vitesses très variables et aussi faibles qu'on le désire. On a fait un essai en lui faisant faire une double course en une minute et demie. Même à la puissance de 165 chevaux, correspondant à 40 à 50 doubles coups par minute, il ne se produisait ni bruit ni vibration.

Les essais n'ont porté que sur la dépense de vapeur et sur la répartition du calorique. Nous nous bornerons à condenser les résultats très détaillés donnés par M. Mair, dans le tableau ci-après :

NUMÉROS DES ESSAIS	1	2	3
Nombre de doubles courses par minute	45.0	39.26	40.10
Vitesse moyenne des pistons par seconde . .	0,497	0,433	0,443
Pression à la chaudière	4k.20	5k.70	7k,15
Volumes d'expansion	9.2	13.2	14.1
Travail en chevaux sur les pistons a vapeur . .	119.2	108.1	130.5
d° d° d° des pompes.	109.3	97.8	120.4
Rapport ou rendement en centièmes.	91.7	90.6	92.3
Eau d'alimentation par cheval indiqué	6kg,820	6kg,580	6kg,600
Eau condensée dans les enveloppes d° . . .	0,950	1.010	0,940
Répartition du calorique — Calorique utilisé en travail. . . .	0,133	0,135	0,137
— — rejeté et erreur . . .	0,855	0,852	0,852
— — perdu par rayonnement	0,012	0,013	0,011
Charbon par cheval indiqué et par heure avec une vaporisation supposée de 10 pour 1. . .	0kg,78	0kg,76	0kg,75
Kilogrammètres en eau montée par kilogramme de charbon en admettant un rendement de 0,88	304.400	308.040	311.700

Ces résultats sont assurément des plus favorables et justifient l'opinion avantageuse que donne M. Mair sur les pompes à vapeur à action directe du système Worthington.

Le gaz naturel aux États-Unis. — Comme complément aux quelques renseignements que nous avons donnés sur cette question dans la Chronique de janvier, page 159, nous pouvons ajouter les indications suivantes extraites d'une communication faite par M. Ashburner à l'Institut américain des Ingénieurs des mines à la réunion de Saint-Louis, en octobre 1886.

Il y a actuellement six Compagnies qui fournissent le gaz naturel à Pittsburgh, les Compagnies dites : Philadelphia, Chartiers, Manufacturer's, Pennsylvania, Washington et People's. Elles exploitent 107 puits divisés très inégalement entre elles, puisque la première en possède 58, la seconde 23 et les quatre autres de 10 à 3 chacune.

La Compagnie Philadelphia avait en outre, au mois de novembre dernier, 7 puits en forage dont la plupart devaient être terminés à la fin de l'année.

On compte que, pour les 107 puits en exploitation, on avait foré, en outre, 10 puits « secs » c'est-à-dire ne donnant pas de gaz, ce qui fait une proportion d'un peu plus de 10 p. 100.

Un fait assez remarquable est que tous les puits des différents districts présentent à peu près la même pression de gaz, mais il ne faudrait pas en conclure qu'à diamètre égal le débit est le même.

Ainsi tous les puits du district de Murrysville ont le même débit ; si on le prend par unité, on trouve que le débit des puits du district de Hickory varie de 0,10 à 1 ; celui des puits du district de Canonsburg de 0,3 à 1, et enfin le débit des puits du district de Tarentum ne dépasse pas 0,10. Cette différence considérable est attribuée à la plus ou moins grande porosité du sable dans lequel est accumulé le gaz et dans la nature plus ou moins crevassée des couches.

Comme on l'a vu plus haut, le district de Murrysville est le plus riche, et la production totale des 107 puits dont nous venons de parler, correspond à environ 83 puits de ce district.

La longueur totale des conduites qui fournissent de gaz naturel la ville de Pittsburgh est supérieure à 800 kilomètres, dont 370 kilomètres sont dans la ville même. Cette longueur se répartit très inégalement entre les diverses compagnies. Ainsi la Compagnie Philadelphia possède à elle seule, dans la ville, 300 kilomètres environ de conduites variant de 0^m, 760 à 0^m, 076 de diamètre. Les autres compagnies ne possèdent pas de conduites d'un diamètre supérieur à 0^m, 500, tandis que la première a 36,000 mètres de tuyaux de 0^m, 500 à 0^m, 760 de diamètre.

Cette Compagnie étant de beaucoup la plus importante, il est intéressant de donner quelques renseignements sur ses installations et son exploitation.

Elle tire jusqu'à présent le gaz des districts de Tarentum et de Murrysville; une ligne de conduites part du premier district où la pression est très inférieure à celle de Murrysville et distribue rapidement le gaz dans différentes localités sur son passage jusqu'à Hoboken où elle se joint à une conduite de 0^m, 500 venant de Murrysville pour aller de là desservir Etna et Allegheny en fournissant le gaz à de nombreuses usines et à des centres de population.

A Murrysville les puits sont reliés ensemble par des systèmes de tuyaux qui aboutissent dans huit conduites différentes dont chacune peut écouler le produit total en cas de besoin.

Dans la ville de Pittsburgh il y a une conduite centrale de 0^m, 760 d'abord, puis de 0^m, 500 et 0^m, 400, sur lesquelles se branchent les tuyaux de distribution à basse pression.

Il y a 21 stations où se trouvent des valves régulatrices par lesquelles on augmente ou diminue la pression à la demande de la station centrale où est la direction. A ces stations sont en permanence des agents recevant les ordres et transmettant les indications. Les stations sont reliées téléphoniquement entre elles. Les conduites à basse pression ont environ 160 kilomètres de longueur et sont disposées de chaque côté des rues.

On sait qu'il est très difficile de parer aux fuites des conduites de gaz, lesquelles sont une cause de grands inconvénients et même de dangers sérieux. Même avec de très faibles pressions, on éprouve souvent avec le gaz d'éclairage des pertes qui varient de 15 à 30 0/0. Aussi a-t-on pris la précaution de réduire la pression dans les conduites de gaz naturel de la ville au strict nécessaire. Cette pression ne dépasse jamais 0^{kg}, 900 par centimètre carré pour descendre à 0,400 dans les conduites de gros diamètre, et dans la canalisation à basse pression, elle est réduite à 0,300 à 0,350.

En outre, le gaz pénètre dans les usines et les habitations par des régulateurs qui maintiennent la pression à un taux fixe.

On a pris des précautions spéciales contre les fuites au moyen de dispositions plus ou moins ingénieuses.

La Compagnie Philadelphia alimente actuellement quatre cent soixante-dix établissements industriels de diverse nature et près de cinq mille maisons d'habitation dans la ville même, sans compter les fabriques et les maisons d'un grand nombre de villages à l'entour et de la ville voisine d'Allegheny.

La Compagnie Philadelphia est la plus grande compagnie de gaz naturel qui existe. Son capital est de 37,5 millions de francs représenté par son matériel de distribution de gaz.

Elle tire ses produits d'une superficie de terrains qu'on peut évaluer à plus de 50,000 acres, sur lesquels sont forés, comme nous l'avons dit plus haut, 58 puits dont 33 seulement sont en service à la fois, les autres étant en réserve.

A l'achèvement des canalisations en exécution, on pourra amener à Pittsburgh la totalité de la production des puits et mettre la distribution à la hauteur des besoins.

Comme nous l'avons dit précédemment, on a été conduit à s'occuper du gaspillage du gaz, et la Compagnie a étudié les mesures à prendre pour supprimer tout échappement de gaz à l'air libre et sans utilité. Lorsqu'on ferme les puits où on ne prend pas de gaz, la pression s'y élève jusqu'à 30 et 40 atmosphères, et quelquefois à des pressions bien plus élevées pour les nouveaux puits ; cette pression se conserve pour ainsi dire indéfiniment.

M. Ashburner ne croit pas qu'il y ait à se préoccuper encore de la question de l'épuisement des sources de gaz naturel ; toutefois certaines compagnies de gaz naturel, notamment la Compagnie Philadelphia, ont déjà étudié la fabrication d'un gaz combustible qu'on pourrait distribuer à la place du gaz naturel, si celui-ci venait à manquer, et à des prix pouvant rivaliser avec le coût du charbon, même dans le district houiller de Pittsburgh.

D'après le professeur Lesley, géologue de l'État de Pensylvanie, un kilogramme de charbon correspond comme poids à 1,570 litres de gaz et comme calorique à 470 ; donc, à poids égal, le gaz a 3 fois et 1/3 le pouvoir calorifique du charbon.

A la fin de 1885, une seule Compagnie de gaz fournissait à Pittsburgh l'équivalent de 10,000 tonnes de charbon par jour, soit trois millions 650,000 tonnes par an, ce qui supprimait le travail d'au moins 5,000 hommes.

Une puissante machine à vapeur. — Nous avons eu à signaler à diverses reprises les dimensions qu'atteignent parfois aujourd'hui les machines à vapeur fixes, notamment pour les laminoirs. Voici un nouvel exemple. Il s'agit d'un appareil moteur construit par la *Prospect Machine and Engine Company*, de Cleveland, États-Unis, pour la fabrique de tapis de Lowell, État de Massachusetts.

Il a fallu pour ajuster les grosses pièces de cette machine construire des appareils spéciaux, notamment un alésoir pour les cylindres.

La machine se compose de deux appareils horizontaux jumeaux accouplés dont les cylindres ont $0^m,992$ de diamètre et $1^m,220$ de course. Ces cylindres sont à enveloppes de vapeur avec manchons intérieurs rapportés comme dans les machines marines.

L'arbre moteur forgé par la Compagnie des forges de Cleveland a $0^m,507$ de diamètre et 7 mètres de longueur. Il pèse 11 tonnes et porte à chacune de ses extrémités un plateau manivelle de $1^m,83$ de

diamètre, du poids de 6 tonnes. Les boulons qui s'emmanchent dans ces plateaux ont $0^m,268$ de diamètre ; ils sont en fer cémenté et trempés à l'épaisseur de 1 1/2 millimètre et rodés à la machine de Brown et Sharp.

Le volant fixé au milieu de l'arbre a $6^m,100$ de diamètre et une largeur de jante de $3^m,05$ pour recevoir trois courroies dont deux de 1 mètre et une de $0^m,900$ de largeur. Ce volant-poulie ne pèse pas moins de 50 tonnes ; il est en six parties pour faciliter le transport et le montage.

Les autres pièces sont en proportion ; les bielles motrices pèsent chacune près de 10 tonnes ; elles ont la forme des bielles de machines marines avec têtes-paliers et coussinets en bronze.

Les tiges des pistons sortent par les deux extrémités du cylindre ; elles sont en acier forgé et portent au milieu un renflement conique pour recevoir les pistons.

Ces machines ont été étudiées et construites sous la direction de M. A. Clarks. Elles doivent fonctionner à la vitesse de 90 tours, ce qui représente une vitesse moyenne des pistons de $3^m,66$ par seconde. On peut estimer qu'à condensation elles développeraient environ 3,000 chevaux ; mais, comme elles doivent fonctionner, au moins pour le moment, sans condensation, la puissance obtenue sera notablement inférieure.

Emploi de l'hydrogène pour remplacer les explosifs dans les mines. — Le docteur Kosmann a publié dans l'*Oestereichische Zeitschrift für Berg und Huttenwesen*, une note sur un nouveau procédé pour remplacer les explosifs dans les mines.

L'auteur propose l'emploi de cartouches contenant du zinc pulvérulent et de l'acide sulfurique étendu. Le premier est la matière qu'on trouve dans les condenseurs des appareils de distillation et qui est un mélange de zinc métallique et d'oxyde de zinc.

Les cartouches sont constituées par un tube de verre de 25 millimètres de diamètre et de 180 de longueur divisé en deux parties dans le rapport de 1 à 4 par un étranglement qui ne laisse qu'un passage de 8 à 10 millimètres de diamètre. La partie inférieure contient l'acide étendu et le passage est fermé par un bouchon de liège, de caoutchouc, ou d'amiante. C'est dans cet état que la cartouche est livrée au mineur.

Lorsque celui-ci veut s'en servir, il remplit la partie supérieure de poudre de zinc et y place une broche servant à l'allumage. On charge le trou de mine avec la cartouche en verre et on le bourre avec de l'argile ou du schiste broyé. Si la roche est poreuse, on enduit le trou d'argile pour prévenir l'échappement du gaz par les fissures. L'inflammation, ou plutôt l'opération qui la remplace se fait par un ou plusieurs coups appliqués sur la broche, lesquels brisent le tube de verre à la partie étranglée et amènent le zinc au contact de l'acide. Le dégage-

ment d'hydrogène a lieu très rapidement, mais non instantanément, et la pression obtenue est suffisante pour faire éclater la roche comme avec la poudre.

Voici les calculs qui permettent de se rendre compte de la force d'expansion du gaz.

Une cartouche de 25 millimètres de diamètre sur 180 de longueur a un volume de 90 centimètres cubes; il y a 50 grammes d'acide étendu et 12 grammes de poudre de zinc qui contient 10 grammes de zinc métallique. La réaction connue de l'acide sulfurique sur le zinc donne pour 10 grammes de zinc, 0,300 grammes d'hydrogène. Comme le mètre cube d'hydrogène pèse, à $0^m,760$ de pression et à la température de zéro, 0,089, le volume de gaz dégagé serait dans ces conditions de 3,370 litres, lesquels confinés dans 90 centimètres cubes donneraient une pression de 37,000 atmosphères.

Si on tient compte de la température qui est toujours notablement au-dessus de zéro, on obtiendra une pression de beaucoup supérieure et en tout cas bien plus élevée que celle qu'on obtient avec la poudre, laquelle n'est guère évaluée qu'à 5,000 atmosphères.

Le coût d'une cartouche du modèle de celle qui a été décrite est de 15 à 20 centimes.

On a objecté à ce procédé le danger qu'il peut y avoir à verser dans l'atmosphère des galeries de mines un gaz pouvant donner lieu à la formation de mélanges détonants, mais l'auteur répond que la diffusion de l'hydrogène sera excessivement rapide.

Il cite des expériences qu'il a faites et dans lequelles, une assiette étant remplie d'un mélange d'acide sulfurique étendu et de zinc en poudre, on ne pouvait enflammer l'hydrogène au bord de l'assiette, il fallait, pour le faire détoner, enflammer les bulles gazeuses à leur émersion même du liquide. Avec une ventilation un peu active, tout danger de ce genre pourrait être écarté.

N'ayant pas à notre disposition la publication dans laquelle a paru la communication du docteur Kosmann, nous avons traduit ce qui précède des extraits de travaux étrangers contenus dans les publications de l'*Institution of civil Engineers*. Il nous a paru y avoir dans les calculs ci-dessus une erreur énorme qu'ont d'ailleurs reproduite plusieurs publications françaises qui ont parlé de ce procédé.

Les trois décigrammes d'hydrogène dégagés par la réaction ne peuvent pas faire 3,370 litres, mais seulement 3,37 litres ; lesquels confinés dans 90 centimètres cubes ne donneraient jamais que 37 atmosphères au lieu de 37.000. Même en tenant compte de la présence du liquide, ce qui est juste, on ne parviendrait pas à approcher du chiffre indiqué pour la pression.

Si donc les faits rapportés sont exacts, il nous semble qu'on doit en attribuer les effets à d'autres causes, par exemple, à la température élevée déterminée par la réaction et probablement aussi à l'inter-

vention de la vapeur d'eau simultanément avec le dégagement d'hydrogène.

Quoi qu'il en soit, l'expérience seule peut prononcer sur ce nouveau procédé. On sait que l'emploi des cartouches de chaux vive, destinées également à remplacer les explosifs, après avoir été au début l'objet d'un assez vif engouement, paraît n'avoir fait que bien peu de progrès depuis.

Lampes électriques des mines. — M. Masson a fait au groupe de Charleroi de l'*Association des Ingénieurs sortis de l'école de Liège*, sur ce sujet plein d'actualité, une communication dont voici le résumé.

Depuis longtemps on a cherché à remplacer la lampe Mueseler par un appareil plus perfectionné. Les recherches ont été principalement dirigées vers l'éclairage électrique.

Il y a à distinguer entre l'éclairage fixe et l'éclairage portatif. L'éclairage fixe des galeries de mines s'est répandu dans ces dernières années ; nombre de mines métalliques et carrières souterraines l'ont appliqué.

Plusieurs houillères anglaises ont éclairé leurs voies de transport. Les installations d'éclairage électriques à la surface ne se comptent plus.

M. Masson a visité l'éclairage électrique des travaux du fond à la houillère Earnock, à Hamilton près Glasgow. Les voies de roulage sont éclairées par 60 lampes à incandescence, d'une puissance de vingt bougies ; elles sont distantes de 30 mètres en moyenne.

Pour l'éclairage portatif, les systèmes les plus divers, la plupart peu pratiques, ont été imaginés ; tels sont les tubes de Geisler, etc. Mais, depuis l'éclairage à incandescence, les recherches ont pris une direction plus sérieuse.

Les piles primaires ont été proposées les premières, principalement celles au bichromate ; elles sont lourdes, coûteuses d'entretien, etc. Les piles secondaires ou accumulateurs ont eu plus de succès dans cet emploi.

M. Wilson Swan a présenté à la réunion à Birmingham de l'Association britannique, une étude sur les lampes de mines ; il indique les conditions suivantes à laquelle ces lampes doivent satisfaire :

1° Réduire le poids de la lampe tout en lui faisant donner une lumière suffisante ;

2° Simplifier la construction ;

3° Rendre la lampe plus résistante aux chocs ;

4° Renfermer complètement le liquide, afin de pouvoir renverser la lampe ;

5° Ajouter un indicateur de grisou.

Les lampes actuelles donnent 1/4 à 1/2 bougie de lumière,

M. Swan estime qu'une lampe fournissant une bougie pendant douze heures ou 1/4 de bougie pendant neuf heures, satisfera à la première condition.

Il est parvenu à ce résultat avec une lampe pesant 2 kilogr. 83, alors que la lampe ordinaire pèse 1 kilogr. 50. Elle peut être inclinée et remontée sans inconvénient. La lampe, recouverte d'un globe de verre bombé, résiste bien aux chocs ; elle est alimentée par quatre accumulateurs de faibles dimensions. Les communications électriques sont intérieures ; les bornes de chargement sont placés à l'intérieur de deux trous ménagés à la base. Il suffit de poser la lampe sur deux broches pénétrant dans ces trous et reliées aux bornes d'une dynamo ; de cette façon, le chargement est fait. Cette lampe coûtera cinquante centimes par semaine ; la lampe Mueseler coûte soixante centimes pour le même temps.

Quant au cinquième point, trois dispositions sont proposées. La première est fondée sur le principe de Liveing : deux fils de platine sont rougis par le courant, l'un étant situé dans une ampoule contenant de l'air pur, l'autre situé dans une ampoule contenant de l'air ambiant. Plus il y a de grisou, plus vif est l'éclat du second fil de platine, relativement à celui du premier. Cet indicateur révèle un demi pour cent de grisou.

Dans la seconde disposition, un seul fil suffit. Il est mis en communication avec l'air ambiant, puis isolé.

Dans la troisième, un fil de platine porté au rouge sert à opérer la combustion du grisou dans un tube manométrique et par suite la condensation de la vapeur d'eau. On mesure la proportion de vapeur condensée.

On a fait observer qu'avec la lampe Mueseler, le mineur est obligé de quitter la taille, lorsque l'afflux de grison est violent ; avec la lampe électrique, il se laissera asphyxier, puisqu'il aura de la lumière malgré la présence de grandes quantités de ce gaz ; le desideratum serait donc la découverte d'une lampe ne s'éteignant pas dans le grisou et indiquant la proportion dans laquelle ce gaz est mélangé à l'atmosphère du chantier.

M. Masson indique à ce sujet que MM. Walter Emmot et Achroyd ont inventé un appareil indicateur très pratique. Une lampe à lumière blanche éclaire habituellement; elle doit s'éteindre et être remplacée par une lampe à reflets rouges, quand le grisou, pénétrant par endosmose dans un vase poreux y fait varier la pression et déplace un globule de mercure dans un bout de tube qui sert de manomètre. Dans le cas d'une atmosphère pure, ce globule place la lampe blanche dans le circuit de la batterie ; dans le cas contraire, il ferme le circuit de la lampe rouge en venant en contact avec deux fils de platine.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1887

Séance générale du 24 décembre 1886.
Rapport sur l'état financier de la Société.
Distribution des récompenses.

FÉVRIER 1887

Rapport de M. ROUSSELLE sur un **garde-chute pour trappes d'égout**, de M. BOUTILLIER.

On sait combien il importe, pour la sécurité du public, d'entourer les trappes d'égout qu'il est nécessaire de laisser ouvertes pendant les travaux.

L'appareil de M. Boutillier se compose d'une tige centrale, d'une armature conique en acier, s'ouvrant et se fermant comme un parapluie et d'un filet à mailles solides recouvrant l'armature sur les deux tiers de la hauteur.

Lorsque le garde-chute est ouvert, les extrémités des lames de l'armature viennent porter sur la feuillure circulaire du châssis du regard et, de plus, deux pièces s'engagent sous ce châssis, de sorte que l'appareil ne pourrait être renversé par un effort latéral.

Ce garde-chute ne pèse que 6 kilogrammes; son usage a été autorisé par décision du préfet de la Seine.

Rapport de M. LAVALARD sur des **modifications apportées au mobilier des écuries**, par M. AUREGGIO.

Ces modifications consistent notamment en une stalle d'écurie en fer avec barres de séparation en bois ou en fonte, avec échappement simple ou double, à contrepoids ou à ressort, des râteliers et mangeoires, cloisons en tôle ondulée pour isoler la tête des chevaux. seaux d'écurie en tôle, etc.

Rapport de M. le colonel **Goulier** sur le **pendule automatique** de M. **J. Foucault.**

Cet appareil a pour objet de montrer aux yeux, comment, en faisant tourner un globe d'un certain angle, autour de son axe polaire, on engendre, pour un plan susceptible de tourner autour de la verticale d'un point quelconque, une rotation non plus de l'angle ci-dessus, comme celle du globe, mais bien égale au produit de cet angle par le sinus de la latitude du point considéré.

Discours prononcé par M. **Mascart** aux obsèques de M. **Blavier** membre du Conseil.

Photogrammétrie, par le docteur **Pietsch.** Traduit du *Verhandlungen des Vereins zur Beforderung des Gewerbefleisses).*

Sur quelques appareils pour l'**utilisation des rebuts et du poussier de charbon,** par **W. C. Mac Millan.** (Traduit du *Journal of the Society of Arts.)*

Note sur la **dynamite gomme**, par M. **Maillard,** Ingénieur aux mines de Lens.

Les **Fromageries** dans les Alpes italiennes par le professeur **G. Cantoni.**

Exploitation et utilisation de l'alfa. (Extrait du *Génie civil.)*

Extraction du sucre des mélasses (procédé Lefranc) par M. **L. Listre.** (Extrait du *Génie civil.)*

Sur un nouvel **alliage d'aluminium.** (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.)*

Un nouveau téléphone. (Extrait de la *Lumière électrique.)*

Notes sur les **conditions d'emploi de l'acier** dans les ponts à poutres droites en France. (Extrait des *Annales des Ponts et Chaussées.)*

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

JANVIER 1887.

Paroles prononcées sur la tombe de M. Surell, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, ancien directeur de la Compagnie des chemins de fer du Midi, par M. **L. Aucoc**, membre de l'Institut, professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

Une **méthode graphique de quadrature** par M. **Ed. Collignon**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Le principe de cette méthode est de ramener les quadratures à la recherche des centres de gravité de certains systèmes. La note indique l'application à la quadrature des profils en travers, des courbes, etc. Cette méthode est d'un emploi facile et donne des résultats ayant l'exactitude qu'on peut attendre en général des opérations graphiques.

Théorie des vagues suivie d'un **essai** sur la **théorie des profils de digues**, par le chevalier Franz von **Gerstner**, traduit et annoté par M. **de Saint-Venant**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées en retraite, membre de l'Institut.

Rapport présenté à la commission centrale des machines à vapeur au nom de la sous-commission chargée d'étudier la question de la **réglementation des récipients de gaz sous pression**, par M. **A. Michel-Lévy**, Ingénieur en chef des Mines.

Ce rapport a déjà paru dans les *Annales des Mines* (Voir les comptes rendus de janvier 1887, page 165.)

Notice sur les **grands murs de soutènement** de la ligne de Mazamet à Bédarieux, par M. **Leygue**, ingénieur auxiliaire des travaux de l'État.

Cette notice examine successivement les trois ouvrages de Courniou, Labastide et La Forêt, exécutés dans le même système, avec profil en surplomb et contreforts et remplissages intérieurs.

Le premier comprend un mur de soutènement de 389^{m},40 de longueur au sommet, dont les hauteurs varient suivant le profil du terrain de 3^{m},65 à 18^{m},58. Les fondations sont établies par redans horizontaux, elles descendent en moyenne à 3 mètres au-dessous du sol et s'établissent en général sur des terres fortes mélangées de gravier, poudingue calcaire, éboulis de rochers mélangés de terre, etc.

Le fruit intérieur est constamment à 1/5 et le fruit extérieur à 1/3 au bas et 1/5 au-dessus. Les contreforts, au nombre de 84, sont écartés de $3^m,15$ à $5^m,80$, leur épaisseur varie de $0^m,80$ à $1^m,35$. Les vides entre les contreforts sont remplis de pierres sèches provenant du remblai et arrangées à la main.

Cet ouvrage a coûté 420 francs par mètre courant, 43 francs par mètre carré de parement ou 34 fr. 83 par mètre carré en élévation et 16 fr. 75 par mètre cube de maçonnerie.

Le volume de maçonnerie au mètre courant est représenté par la formule empirique

$$V = 0{,}50\sqrt{h^3}$$

h étant la hauteur.

Le mur de Labastide est beaucoup moins important; la longueur totale est seulement de 52^m, 10; la hauteur varie de 6^m, 14 à 7^m, 55. Il a coûté 114 fr. 90 par mètre courant et 18 fr. 35 par mètre cube de maçonnerie.

Enfin, le mur de La Forêt a 80^m, 80 de longueur et sa hauteur varie de 5^m, 30 à 5^m, 90; son prix a été de 106 fr. 22 par mètre courant et 17 fr. 23 par mètre cube de maçonnerie.

L'auteur fait observer que la disposition en surplomb avec remplissage employée dans ces murs a pour effet de réduire dans une forte proportion le cube des ouvrages, en leur conservant toutes les garanties de solidité et de durée désirables, et émet l'espoir que ces murs, exécutés à titre d'essai, feront revenir les ingénieurs à la forme essentiellement rationnelle des murs de soutènement, usitée presque exclusivement en Angleterre depuis Brunel et de laquelle on s'est écarté sans raison dans la plupart des cas.

Traverse métallique du réseau P.-L.-M. Algérien, extrait du journal de mission de M. Charguéraud, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur l'**Eucalyptus Red-gum**, extrait du journal de mission de M. Charguéraud, ingénieur des ponts et chaussées.

Les travaux publics de Naples, extrait du *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils* (séance du 19 novembre 1886).

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 8 janvier 1887.

Communication de M. Le Verrier sur le **Traitement électrique des minerais et des mattes de cuivre.**

Ce procédé, proposé par M. Marchese, consiste à précipiter le cuivre dans un bain de sulfate où les cathodes sont en cuivre, les anodes en mattes cuivreuses fondues et moulées. Le cuivre se précipite à la cathode, le fer se dissout dans le bain, tandis que les métaux peu solubles, tels que le plomb, le bismuth, l'argent, restent en bancs ou dans les carcasses d'anodes désagrégées.

Ce procédé a été récemment installé à Stolberg ; on traite des mattes obtenues comme produit accessoire de la fonte de minerais argentifères complexes et contenant de 15 à 20 0/0 de cuivre. Il est également employé à Sestri, en Italie.

Discussion sur la question des **Clapets de retenue de vapeur** pour les chaudières.

On fait observer que les chaudières des mines doivent être mises dans une classe complètement à part de celles des usines qui sont généralement établies dans des milieux abrités où circule un nombreux personnel.

Pour se rendre compte des avantages et des inconvénients que peuvent présenter les clapets de retenue pour les chaudières dans les mines, on est amené à considérer deux cas : 1° celui d'une chaudière qui fait explosion, et 2° celui d'une conduite générale qui se rompt, les deux cas pouvant d'ailleurs se présenter simultanément.

Dans le premier cas, le clapet de retenue ne modifiera pas sensiblement les conséquences de l'explosion, mais il sera utile pour retenir la vapeur des autres chaudières dans le cas où on aurait un frein à vapeur, à la condition que ce clapet isole la chaudière détruite seulement.

Dans le second cas, les clapets sont inutiles, car il n'y a pas d'intérêt à conserver dans les chaudières de la vapeur dont on ne peut se servir ; ils peuvent même être nuisibles, car ils peuvent empêcher par leur fermeture le fonctionnement du frein qui aurait peut-être encore sans eux pu recevoir assez de vapeur.

Enfin, dans les deux cas se produisant simultanément, les clapets ne répondent point à une sécurité absolue.

On peut conclure que les clapets qui interceptent la communication entre la conduite générale et les chaudières non avariées doivent être rejetés d'une manière absolue dans les mines; mais, si on se sert de freins à vapeur, il faut un clapet isolant de la conduite la chaudière avariée. Avec les freins à contrepoids, les clapets, de quelque espèce qu'ils soient, deviennent inutiles.

DISTRICT DU NORD.

Réunion du 16 janvier 1887

Communication de M. BRETON sur les **Phosphates de la Somme.**

Il s'agit des gisements de phosphates récemment découverts par M. Merle à Beauval. La matière se trouve sous forme de sable contenant 75 à 80 0/0 de phosphate de chaux.

Les gîsements sont d'une richesse extraordinaire ; aussi cette découverte a-t-elle donné lieu à une exploitation considérable. Il paraîtrait que l'importance des achats de terrain atteint aujourd'hui une dizaine de millions, et beaucoup de champs à phosphate restent encore à vendre, mais la plupart des paysans préfèrent exploiter eux-mêmes ; l'extraction est très facile et le phosphate brut trouve acheteur sur place à 32 francs le mètre cube.

Communication de M. TRIPIER sur **l'installation d'une pompe souterraine** à la fosse Vieux-Condé.

La Compagnie des mines d'Anzin a installé l'année dernière à la fosse Vieux-Condé une machine d'épuisement pouvant refouler cinq cents hectolitres d'eau par heure à une hauteur de 420 mètres.

Cette machine est au fond ; elle est du système Compound avec deux cylindres de $0^m,555$ et $0^m,915$ de diamètre, actionnant directement des pompes à plongeurs placées dans le prolongement, il y a quatre plongeurs de $0^m,115$ de diamètre ; la course commune est de $0^m,850$, les pompes donnent 25 coups par minute. La vapeur est condensée à 29 degrés dans l'eau refoulée, soit avec une élévation de 12 degrés seulement de l'eau prise dans le puisard.

La vapeur vient des chaudières installées au jour par une conduite de $0^m,115$ de diamètre et de 500 mètres de longueur dont 415 en verticale. Ces tuyaux sont en fer et recouverts de papier goudronné avec des torsades de foin sur 45 à 50 millimètres d'épaisseur, le tout enveloppé d'une gaine en zinc étanche.

Les tuyaux de refoulement sont en fer à joint à emboîtement avec anneaux de gutta-percha.

Le diamètre est de $0^m,140$.

Au lieu d'un réservoir d'air, on a employé un régulateur de pression formé d'un cylindre vertical contenant un plongeur chargé, agissant comme un accumulateur de presse hydraulique.

Le travail indiqué sur les pistons à vapeur est de 104.75 chevaux, le travail en eau élevé est de 78.15 chevaux, ce qui donne un rendement de74.60 0/0.

Note de M. Reumaux sur quelques applications nouvelles des **transmissions par l'intermédiaire d'un corps fluide.**

Il y a déjà un assez grand nombre de ces applications ; M. Reumaux y a ajouté récemment la fermeture à distance des conduites d'eau et la fermeture à distance des conduites de vapeur.

Compte rendu par M. Chansselle du **Cours théorique et pratique d'exploitation des mines,** par M. Cambessedès.

Circulaire relative à une **Exposition scientifique et industrielle de la Sibérie et des monts Ourals** en 1887, à Ekaterinebourg.

Cette exposition a été organisée par la Société Ouralienne d'amateurs de sciences naturelles et aura lieu de mai à septembre 1887.

Le premier a pour objet de régler à distance l'injection de l'eau froide dans le condenseur d'une machine, ce condenseur étant fort éloigné de la machine ; on avait d'abord établi une communication par tringles et leviers, on l'a fort avantageusement remplacée par un tube de 30 millimètres rempli d'eau.

La seconde application est relative à une question d'actualité, le fonctionnement des clapets de retenue des chaudières ; on peut ainsi faire fonctionner à distance et automatiquement des soupapes de fermeture placées sur des chaudières.

Il serait très difficile de faire comprendre ces ingénieuses dispositions sans l'aide des figures qui accompagnent la communication de M. Reumaux.

Communication de M. Criner sur un **distributeur d'air pour foyer.**

Ce distributeur d'air, décrit dans une précédente séance à Saint-Étienne, a pour effet d'annuler l'influence du mode de chargement par le chauffeur et des soins de celui-ci. Des essais faits sous le contrôle de l'Association parisienne des propriétaires d'appareils à vapeur ont indiqué un rendement de 8 k. 40 de vapeur pour le foyer Criner au lieu de 7 k. 61 pour le foyer ordinaire avec le même charbon.

Note de M. Cambessedès sur sa **lampe de sûreté.**

C'est une lampe à éclairage intensif dans laquelle l'auteur a cherché à combiner l'augmentation du pouvoir éclairant et l'économie d'huile. On peut de plus faire varier très facilement l'intensité de la lumière. Ces avantages tiennent d'abord au double courant d'air et à la présence d'un cône directeur qui assure l'afflux rationnel de l'oxygène autour de la flamme et l'enlèvement immédiat des produits de la combustion, ensuite à l'échauffement de l'air qui arrive, en outre, pur du mélange des fumées ou des gaz brûlés au contact de la flamme, et enfin au niveau invariable de l'huile à quelques millimètres de la flamme.

La sécurité est aussi satisfaisante que le pouvoir éclairant.

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 5 février 1887.

Compte rendu d'expériences sur les **clapets de retenue de vapeur des chaudières.**

Ces expériences ont porté sur le clapet Clair et sur l'appareil Broyet et Delord.

Les expériences sur le premier ne sont pas encore complètes ; quant aux seconds qui étaient à simple effet, ils se sont montrés insuffisants et doivent être remplacés par des appareils à double effet.

On conclut par la nomination d'une commission pour étudier à fond la question des clapets automatiques.

Communication de M. Clermont sur l'**influence des mouvements sismiques sur les dégagements de grisou.**

Communication de M. Achard sur son système de **parachute de mines.**

Cet appareil n'existe encore que sous forme de modèle. Le principe est basé sur l'arrêt amené par le coinçage des deux griffes sous des coussinets qui embrassent les câbles guides. Ce coinçage se produit par l'action d'un ressort qui se détend lors de la rupture du cable d'extraction. Cet appareil produit l'arrêt instantané, et on fait observer à ce sujet qu'il y a des inconvénients à mettre brusquement en charge les câbles guides dont la rupture pourrait aggraver les conséquences d'un accident.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 10. — 5 *mars* 1887.

Dragues et excavateurs à sec, par le docteur Ph. Forchheimer *(suite)*.

Expériences sur un moteur à gaz Otto, par Ernest A. Brauer.

Mines. — Minerais de fer de la Russie d'Europe. — Suspension de l'exploitation des mines de Comstock.

Programmes d'enseignement.

Groupe de Berlin. — Tramways à traction par câble aux Etats-Unis.

Patentes.

Bibliographie. — Annuaire de la marine allemande.

Correspondance. — Formation de la glace.

Variétés. — Fréquentation des écoles techniques supérieures de l'Empire d'Allemagne pour l'année scolaire 1886-87.

N° 11. — 12 *mars* 1887.

Élasticité des courroies et câbles de transmission, par C. Bach.

Dragues et excavateurs à sec, par le docteur Ph. Forchheimer *(suite)*.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Développement de l'emploi du fer pour la construction des bâtiments industriels.

Groupe du Rhin inférieur. — Procédés pour la réparation des pièces en fonte.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Condenseur central pour machines de laminoirs.

Adjudications et soumissions.

Patentes.

Bibliographie. — Association belge pour la surveillance des chaudières à vapeur, note sur les explosions de locomotives, par R. Vinçotte.

Correspondance. — Accumulateurs électriques.

Variétés. — La tour de 300 mètres de l'Exposition de Paris en 1889. — Importation et exportation de machines et de matériel de chemins de fer dans l'Empire d'Allemagne en 1886.

N° 12. — 19 *mars* 1887.

Élasticité des courroies et câbles de transmission, par C. Bach (*fin*).

Dragues et excavateurs à sec, par le docteur Ph. Forchheimer, (*fin*).

Appareil pour mesurer la viscosité des huiles de graissage, par J. Traube.

Groupe de Hanovre. — Presses à forger. — Grues hydrauliques des nouveaux quais de l'Escaut à Anvers. — Distribution Joy pour machines à vapeur. — Humidification de l'air pour les usages industriels et domestiques. — Fabrication des limes.

Patentes.

Correspondance. — Réservoirs d'air pour pompes. — Moteur à pétrole. — Tramways à traction par câbles.

Variétés. — Statistique des opérations du bureau allemand des patentes d'invention en 1886.

N° 13. — 26 *mars* 1887.

Étude théorique des turbines, par M. Ebel.

Résistance des matériaux. — Expériences sur la résistance du fer coulé.

Constructions navales. — Le torpilleur russe *Wiborg*.

Groupe de Wurtemberg. — Distribution d'eau de Heilbronn. — Brasserie et fabrique de glace de R. Leicht à Vaihingen. — Les machines à gaz.

Patentes.

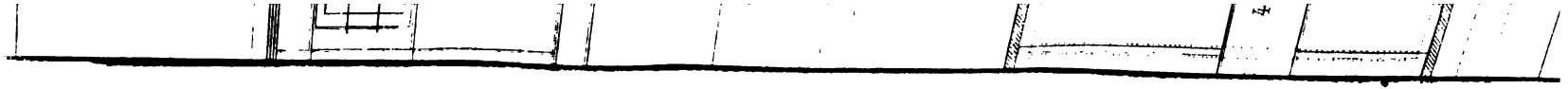
Correspondance. — Fondations de machines en béton. — Régulateurs de détente. — Charbons anglais et westphaliens pour le chauffage des locomotives.

Variétés. — Densités et conditions de résistance des matériaux de construction employés dans la région de Berlin.

Le Rédacteur de la Chronique,

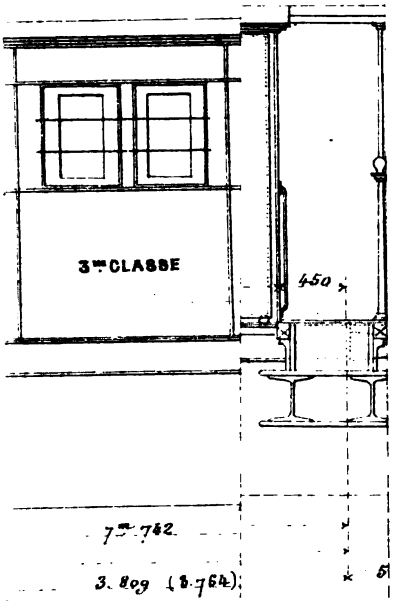
A. Mallet.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 7878-7.

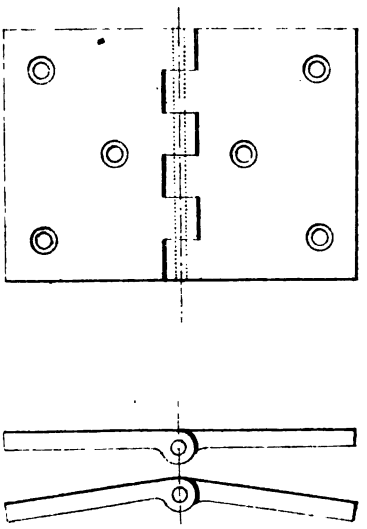


tramway.

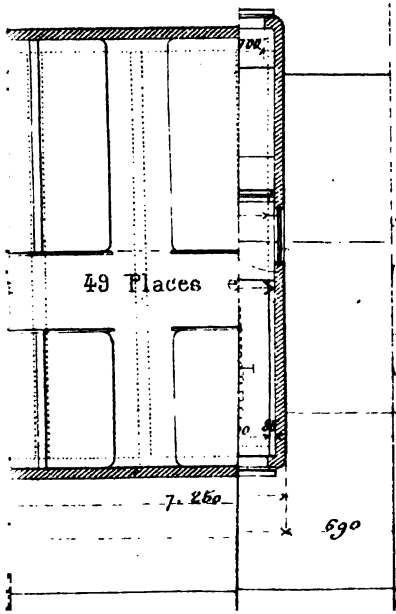
Fig. 5.

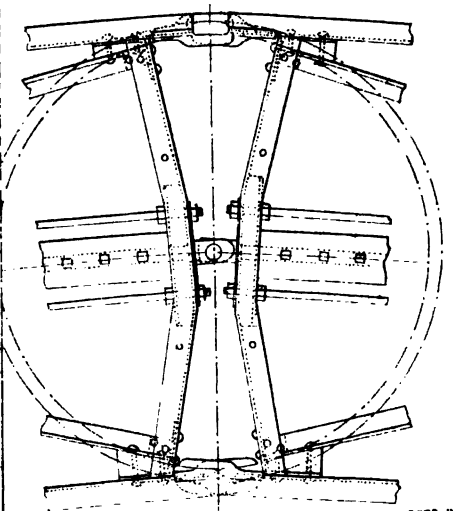


Charnière ordinaire.



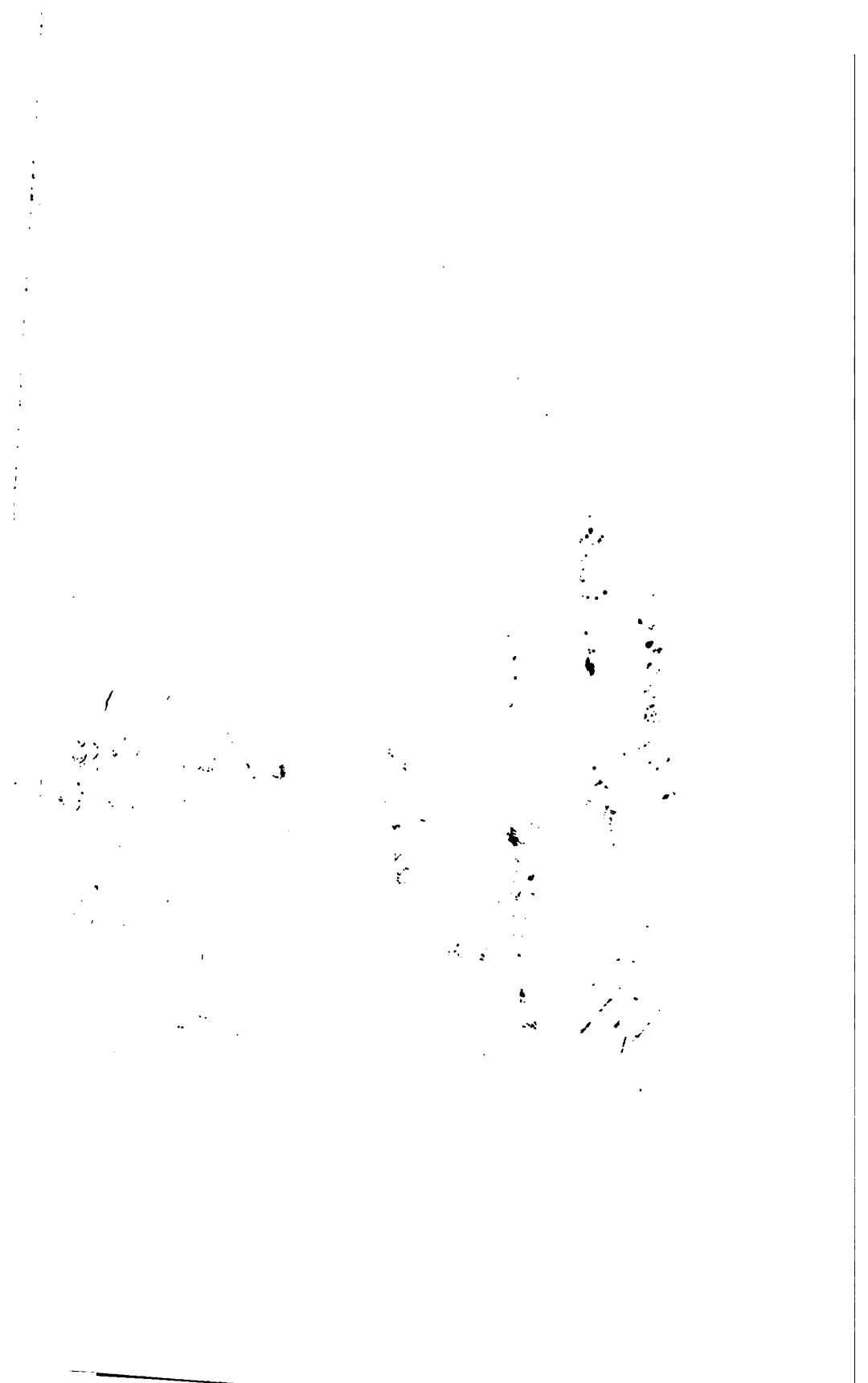
Vue en plan du châssis en courbe.





3620.87

Lo. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.



MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

AVRIL 1887

N° 4

Sommaire des séances du mois d'avril :

1° *Souscription en faveur des familles victimes de l'accident de Saint-Étienne* (Séance du 1er avril, page 489) ;

2° *Prix de revient des transports par chemins de fer et la question des voies navigables* (Discussion sur le) (Séance du 1er avril, page 489) ;

3° *Cubilots servant à la seconde fusion de la fonte* (Construction et mode de fonctionnement des). Analyse par M. Jordan du Mémoire de M. Gouvy fils (Séance du 15 avril, page 496) ;

4° *Régulateur de pression appliqué au soufflage du verre,* par M. Appert (Séance du 15 avril, page 502) ;

5° *Chemin de fer Métropolitain* (Analyse par M. Regnard du rapport de M. Pradon, député, fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi ayant pour objet l'établissement du réseau de) (Séance du 15 avril, page 503).

Pendant le mois d'avril la Société a reçu :

De la Chambre de Commerce de Paris, les *avis exprimés sur les principales questions soumises à son examen de l'année 1868 à l'année 1886;*

De M. Peter Sandberg, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *De la Durée des rails d'acier;*

De M. E. Boistel, un exemplaire de sa brochure sur *la Vérité sur les expériences de Creil;*

De M. Émile Trélat, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur *la Salubrité des édifices et des villes;*

De M. J. Angilbert, membre de la Société, un exemplaire de son *Guide pratique de photocopie industrielle;*

De M. J. Pauly, membre de la Société, un exemplaire de ses *Notions élémentaires du calcul différentiel et du calcul intégral ;*

Du Ministère de l'Agriculture, de l'Industrie et des Travaux publics de Belgique, un atlas contenant les *Diagrammes des variations de niveau de la mer, observées à l'extrémité de l'estacade Est du chenal d'entrée du port d'Ostende, pendant l'année 1886 ;*

De M. D. Colladon, membre de la Société, un *Extrait du tome XVI de la 3e période des Archives des Sciences physiques et naturelles* sur *l'État électrique de l'atmosphère;*

De M. L. Adami, un exemplaire de sa brochure intitulée : *I Combustibili fossili I Materiali Refrattari e l'Industria siderurgica;*

De M. G. Uzielli, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Le Commozioni Telluriche et il Terremoto del 23 febbraio 1887;*

De M. Barras, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Canaux et Chemins de fer ;*

De M. de Nordling, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure intitulée : *Archiv für Eisenbahnwesen (Jahrgang 1887. Heft 2);*

De M. Alfred Duboul, deux exemplaires de sa note extraite du Bulletin de la Société scientifique industrielle de Marseille sur les *Conditions de fabrication, de résistance, d'allongement et d'élasticité des cordages et câbles en chanvre, en aloès et en fils métalliques;*

De M. W. de Nordling, membre de la Société, un exemplaire de sa *Notice sur la vie et les travaux de M. Aug. Thirion* (Extrait de la *Revue générale des chemins de fer*, numéro de février 1887);

De la Direction de la traction et du matériel du chemin de fer Grand Central Belge, un exemplaire de *son compte rendu de l'exercice 1886;*

De la Direction des voies et travaux de chemin de fer Grand Central Belge, son compte rendu de l'exercice 1886 ;

De M. Noël Chadapaux, un exemplaire de son catalogue des *Appareils et Tuyauterie pour l'assainissement des villes et des habitations;*

Du Ministère des voies de communication de Russie, les onze premiers numéros de son journal de 1887;

De M. Daniel Ammen, deux exemplaires de sa notice en anglais, sur *le Canal de Nicaragua*, présentée à l'Institut naval d'Annapolis;

De M. Ernest Mayer, membre de la Société, de la part de M. Bauschinger, Beschlüsse der *Conferenzen zu München am 22-24 september 1884, und Dresden am 20 und 21 september 1886;*

De la Société d'Agriculture, histoire naturelle et arts utiles de Lyon, des exemplaires de sa *Protestation à l'occasion du projet d'un cinquantenaire de la création des chemins de fer français*;

De M. Chardon, membre de la Société, un exemplaire du *Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi ayant pour objet l'établissement du réseau Métropolitain de Paris*, par M. Pradon, député;

De M. de Cuyper, un exemplaire d'une *Notice nécrologique sur Louis Trasenster;*

De M. Appert, membre de la Société, une note sur un *regulateur de pression applicable au soufflage du verre.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Chenevière, présenté par MM. Badois, Belin et Rey.
Lévy, — Guyenet, Leudet et Moreau.

Comme membre associé :

M. Marc, présenté par MM. Berthon, Cerbelaud et Hauet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1887

Séance du 1er Avril 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL

La séance est ouverte à huit heures et demie.

M. PONTZEN fait observer que la mention : *Applaudissements*, qu'il y aurait lieu de faire figurer après la communication de M. Fleury, n'existe pas au procès-verbal. Antérieurement, cette mention était inscrite chaque fois qu'il y avait lieu.

M. LE PRÉSIDENT répond que, jusqu'à ces derniers temps, on ne constatait pas par écrit les marques d'approbation qu'avaient pu recevoir les communications. Ce n'est que depuis peu d'années, depuis qu'un sténographe consciencieux prend soin de noter les manifestations de l'Assemblée, que des indications de ce genre se sont trouvées inscrites dans les procès-verbaux. Mais le Comité et le Président ont trouvé, à plusieurs reprises, qu'il y avait à cela plusieurs inconvénients : il est difficile, entre autres choses, de faire la part équitable à chacun. Ainsi, c'est sciemment que, sauf des cas exceptionnels, les applaudissements ne sont pas indiqués. L'orateur applaudi sera heureux d'emporter le souvenir de l'approbation que lui aura accordée l'Assemblée. Toutefois, si l'observation de M. Pontzen était appuyée, ce détail pourrait être examiné par le Comité.

. PONTZEN déclare que, si l'on arrête en principe que les applaudissements ne seront pas mentionnés, il n'insiste pas sur son observation.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de M. Matthiessen James-Adolphe,

âgé de 49 ans, ancien élève de l'École Centrale, promotion 1861, qui a été ingénieur de la Compagnie Transatlantique, et qui exploitait des tourbières dans ces dernières années.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la souscription, ouverte en faveur des familles victimes de l'accident de Saint-Étienne a produit 3,000 francs ; 1,700 francs ont été dès à présent versés, par les soins de M. F. Reymond, à la Préfecture de la Loire, et M. le Préfet, en adressant ses remerciements à la Société, s'exprime comme suit : « Les » ouvriers mineurs des houillères de Saint-Étienne sont vivement » touchés de l'empressement de MM. les Ingénieurs civils à appor- » ter un soulagement à leurs maux. Ils leur savent gré d'employer » les moyens de diminuer les dangers inhérents à la profession » de mineur, dangers que MM. les Ingénieurs partagent avec les » ouvriers et qu'ils osent toujours braver courageusement, de même » qu'ils sont toujours prêts à apporter leur fraternelle offrande, lors- » qu'il s'agit de venir en aide aux malheureux atteints sur les » chantiers. »

M. ED. ROY rappelle les objections qu'il a présentées à la Société lors de la discussion du projet de Paris port de mer, discussion dans laquelle il a montré qu'avec un tarif de 2 cent. 1/2 par tonne kilométrique, les chemins de fer pourraient transporter les marchandises entre Rouen et Strasbourg à aussi bon marché que la voie d'eau, avec un tarif de 1 cent.5, à cause de l'allongement du parcours des voies d'eau par rapport aux chemins de fer; il rappelle également les résultats d'expériences personnelles faites avec un bateau à vapeur lui appartenant, qu'il a ultérieurement communiqués à la Société et desquels il résulte que les prix de revient de la tonne kilométrique sont ressortis de 0 cent. 8 à 1 cent. 14, selon que le fret était abondant ou restreint. Il dit qu'il cite à nouveau ces objections et ces résultats, afin de ne pas être taxé de vouloir défendre, quand même, la voie d'eau contre la voie ferrée.

En comparant les prix de revient de la tonne kilométrique par voie ferrée donnés par M. de Nordling pour les chemins de la Theiss et du Nordbahn, avec les prix de revient par voie d'eau précités, il ressort que le prix de revient par voie ferrée est 2 fois 1/2 celui par voie d'eau pour un faible trafic, et 1 fois 2/3 seulement pour le cas d'un fort trafic sur les deux voies. Mais tout en reconnaissant le mérite et l'importance du travail de M. de Nordling, pour déterminer l'accroissement ou la diminution du prix de revient de transport par voie ferrée en raison de l'accroissement ou de la diminution du trafic, il n'admet pas la méthode d'appréciation de M. de Nordling pour le prix de revient de la tonne en plus ou en moins; cette manière de présenter des prix de revient irréalisables ne saurait se justifier. et elle a le grave inconvénient de présenter la question sous une forme dan-

gereuse, surtout venant de la part d'un homme très compétent en matière de chemins de fer, parce qu'elle pourrait être interprétée d'une manière absolue par les chambres de commerce, qui ne cessent de réclamer la réduction des tarifs, sans se préoccuper des causes qui en empêchent l'abaissement sur les artères principales de transports intérieurs et de transit.

Toutefois, il y a un enseignement très intéressant à tirer du travail de M. de Nordling : c'est que sur les artères principales, et en faisant abstraction des nombreuses lignes secondaires et embranchements improductifs, le prix de revient de transport de l'unité de trafic n'atteint pas 2 centimes et que le gros trafic intérieur et de transit est grevé de l'excès de dépenses occasionnées par le trafic peu important des lignes de troisième ordre dont les Compagnies de chemins de fer sont surchargées. Il y a là une cause qui tourne au préjudice du grand trafic et du transit par nos principaux ports de commerce : Marseille, Bordeaux, le Havre et Rouen.

M. Ed. Roy estime que la marchandise doit payer un prix de transport proportionnel au prix de revient effectif du transport, et que le moyen équitable pour arriver à ce résultat serait d'appliquer aux tarifs des artères principales des coefficients de distances virtuelles établis en raison des difficultés d'exploitation que présentent les lignes de deuxième et de troisième ordre, eu égard à leurs déclivités et à la faiblesse de leur trafic; ce serait le seul moyen de faciliter le mouvement de transit par le territoire français, sans entendre dire constamment que les chemins de fer cherchent à favoriser l'industrie et le commerce étrangers au préjudice des intérêts nationaux.

M. Badois constate qu'il se dégage des communications qui ont été faites par MM. Pontzen et Fleury et en quelques points de celle de M. Roy un très vif intérêt pour les voies navigables, auquel il est heureux de s'associer.

Il pense qu'il y a encore place en France pour des canaux utiles où les prix de transport seraient moindres que ceux des chemins de fer, comme il arrive toujours lorsque la voie d'eau est établie dans de bonnes conditions. Et tout en rendant hommage au savoir de notre éminent collègue, M. de Nordling, il estime qu'il y a lieu d'améliorer de plus en plus notre réseau français de canaux et de rivières, au lieu de le délaisser comme tendraient à le conseiller les conclusions de son travail.

Sans revenir sur les arguments présentés précédemment contre ces conclusions, M. Badois remarque que le mémoire en discussion admet comme possibles pour les prix de revient de transport par chemin de fer *de la tonne en plus* si ingénieusement considérée par son auteur, les prix de 0 fr. 008 et même de 0 fr. 005 pour un trafic dépassant

suffisamment le trafic normal; c'est du moins ce qu'indique la courbe établie par M. de Nordling.

Mais ces prix de revient sont calculés en supposant que la voie de fer a une capacité de trafic à peu près indéfinie, et ne tiennent aucun compte des frais d'établissement, considérés comme ne devant pas intervenir puisqu'il s'agit de *tonnes en plus*.

Or ces hypothèses sont loin de se réaliser : une ligne de chemin de fer a une puissance de trafic limitée, surtout lorsque comme nos grandes artères, elle doit desservir un mouvement de voyageurs important avec des trains de plus en plus nombreux et rapides. Les exigences de cette circulation spéciale restreignent considérablement la capacité de transport pour les marchandises, et les Compagnies sont bien obligées, dès que le trafic prend une certaine importance, de dédoubler les lignes fortement chargées.

Comme exemples, il suffit de citer la ligne de Paris à Tours par Vendôme, qui double celle d'Orléans réservée aux trains rapides de voyageurs; celle de la rive gauche du Rhône doublant la grande ligne de P.-L.-M. sur la rive droite, la ligne que la Compagnie de l'Ouest établit entre Argenteuil et Mantes, pour soulager celle de Paris à Mantes, qui ne suffit plus seule à l'exploitation des lignes de Rouen-le Havre et de Cherbourg.

Qu'est-ce qui détermine la création de ces voies, sinon la nécessité de transporter *les tonnes en plus?*

Le calcul du prix de revient doit donc comprendre le coût d'établissement de ces secondes lignes. Et pour que ce prix ne s'accroisse pas brusquement le jour où elles deviennent indispensables, il faut le majorer pour *chaque tonne en plus* d'une fraction qui, au moyen de l'accumulation des ressources préalables ainsi créées, permettra de faire face au moment voulu à la grosse dépense d'une nouvelle ligne, sans changement notable du prix de revient de transport.

Donc, en tenant compte de la puissance de transport limitée des voies ferrées, le prix de revient, *même de la tonne en plus*, sera plus élevé qu'il n'est calculé par M. de Nordling, et la courbe qu'il produit, au lieu de s'infléchir indéfiniment, devra vraisemblablement, à partir d'un certain point, se relever successivement et atteindre à une ordonnée à peu près fixe qui correspondrait justement au *prix de revient moyen* de la tonne transportée, qui est généralement considéré.

M. Badois dit qu'en ce qui concerne la comparaison avec les voies navigables, la considération de la tonne en plus appliquée au transport par eau abaisserait aussi beaucoup le minimum du prix de revient de ces transports, et d'autant plus que la capacité de trafic des canaux et rivières, sans être non plus indéfinie, est bien plus considérable que celle des voies ferrées et peut être augmentée facilement

et à peu de frais relativement, lorsqu'il est nécessaire, par l'adjonction, par exemple, de doubles écluses en certains points spéciaux.

Le trafic de 600,000 tonnes du canal du Berry, qui n'a que 2,50m de largeur d'écluses et ne peut recevoir que des bateaux de 50 tonneaux au plus, permet de supposer ce que pourrait être ce trafic sur un canal admettant des bateaux de 250 à 300 tonneaux.

Et quant à l'argument produit par M. de Nordling au sujet du canal de l'Est, que l'État, au lieu de construire ce canal, aurait pu avec avantage donner à la Compagnie de l'Est une subvention pour transporter à moindre prix les marchandises, il semble à M. Badois que cet argument peut facilement être retourné contre sa conclusion, car si, pour un motif quelconque, l'État subventionnait à l'inverse l'exploitation des voies d'eau (comme il le fait en réalité pour les chemins de fer par la garantie d'intérêts), il est bien certain que les prix de la navigation deviendraient d'autant plus favorables par rapport à ceux des voies ferrées, que le trafic de ces dernières diminuant, les *tonnes en plus* se changeraient en *tonnes en moins*, et que leurs prix de revient augmenteraient en conséquence.

On ne peut donc pas prouver par des considérations de ce genre que le prix de revient des transports par voies de fer peut descendre au-dessous de celui des voies navigables.

M. Badois ajoute qu'il ne faut pas perdre de vue non plus, comme l'a fait ressortir M. Molinos dans une étude publiée en 1875 sur la navigation intérieure de la France, que nos canaux sont encore très imparfaits et dépourvus de tout ce qui leur permettrait de fonctionner aussi avantageusement qu'ils pourraient le faire.

Il n'y a que quelques années que l'on travaille à combler les lacunes que présentent les tracés, et à faciliter les longs parcours par voie d'eau en donnant l'uniformité de dimensions aux écluses, la constance du tirant d'eau, etc. La batellerie manque encore d'une organisation puissante, de moyens de traction perfectionnés, d'une méthode d'exploitation raisonnée, toutes choses dont les chemins de fer sont en possession aujourd'hui.

Malgré tout, il y a progrès ; on peut s'en rendre compte notamment par l'activité qui a lieu maintenant sur la Seine ; et si la navigation se soutient et même augmente son tonnage, cela ne peut avoir lieu évidemment que parce que ses prix sont plus avantageux dans nombre de cas que ceux des chemins de fer.

M. Ed. Roy examine rapidement la situation des canaux et rivières navigables ; il critique le canal de l'Est comme présentant de très mauvaises conditions de navigation par suite de ses nombreuses écluses et des longs chômages dus à la rigueur du climat du pays montagneux dans lequel il est situé et il n'admet pas la comparaison établie par M. de Nordling au sujet du canal du Midi qui est séquestré par une Compagnie

de chemins de fer dont l'intérêt est d'annihiler le canal, ce qu'elle ne manque pas de faire en frappant les marchandises qui prennent la voie d'eau, de droits de navigation souvent supérieurs aux tarifs de transports par la voie ferrée ; il critique la construction du canal de Tancarville qui n'a été poursuivie par les Havrais que dans l'espérance de détruire le port de Rouen, mais qui ne servira guère à sa batellerie puisque l'accès en sera souvent dangereux pour elle.

M. Ed. Roy conclut en disant qu'il convient d'améliorer et d'achever les voies de navigation existantes en unifiant les dimensions des écluses et la profondeur du tirant d'eau, sans chercher à se lancer dans des dépenses et des travaux gigantesques comme on l'a inutilement fait sur la Seine, *mais il se gardera de proposer de créer de nouveaux canaux.*

M. Ed. Roy dit qu'il a suivi toute la navigation de la Seine entre Paris et Rouen, qu'il n'a jamais vu et qu'il n'est pas possible que les grandes écluses qui existent puissent faire trois éclusées dans une heure, que le touage sur nos canaux est impossible à cause du peu de distance qui sépare les écluses. Ainsi le canal de Bourgogne a cent quatre-vingt-onze écluses sur un parcours de 242 kilomètres, et il ajoute que le trafic le plus important fait entre Rouen et Paris est celui des vins étrangers, que les 40 millions dépensés pour la canalisation de cette partie de la Seine pour un trafic total de 670,000 tonnes seulement, correspondent à une prime de 3,70 par tonne, au moins, payée par les contribuables en faveur de ces marchandises, tandis que le canal de Saint-Quentin, pour lequel on a fait peu de chose, a un tonnage de 1 million 600,000 tonnes.

M. Carimantrand dit que le tonnage des bateaux n'est pas limité par l'importance des chargements, qu'il l'est seulement par les dimensions des ouvrages qu'ils ont à franchir.

C'est ainsi que depuis la régularisation des écluses des canaux, on a pu élever le tonnage des péniches de 250 à 400 tonnes. Sur la Seine, le tonnage des chalands atteint déjà 600 tonnes et bientôt, par suite de l'amélioration du fleuve, les navires de 2,000 tonnes qui arrivent au Havre et à Rouen, pourront décharger la marchandise dans des chalands de 1,000 tonnes qui sont en construction. Sur le Rhin, il y a déjà des chalands de cette importance.

En ce qui concerne la capacité des voies navigables, et à l'appui de l'avis émis par M. Fleury, que la navigation et les chemins de fer peuvent vivre ensemble et aider à la facilité des échanges, il cite ce qui est arrivé pour la basse Seine dont le mouvement était à peine de 400,000 tonnes avant les chemins de fer ; ce mouvement a continué à progresser de manière à dépasser 900,000 tonnes en 1886.

Il ajoute que, contrairement à une opinion trop généralement répandue, la navigation n'est pas une industrie arriérée et n'acceptant aucun progrès, car elle a su abaisser ses prix pour les maintenir au-

dessous de ceux des chemins de fer. Ainsi, pour parler de la Seine, le prix du fret entre la mer et Paris était de 30 à 35 francs avant les chemins de fer; ce prix était alors considéré comme avantageux comparé à celui du roulage. Il est aujourd'hui réduit à 8 francs en moyenne. Il ne croit pas que les chemins de fer aient fait des réductions semblables.

Et la batellerie n'a pas encore dit son dernier mot, car après l'achèvement des travaux, c'est-à-dire après l'ouverture prochaine du canal de Tancarville et avec des chalands de gros tonnages, elle compte réduire d'environ 40 0/0 ses prix de revient.

M. Sévérac fait observer qu'il ne faut pas comparer des choses qui ne sont pas comparables et que dans la question des transports il n'y a pas seulement à tenir compte du coût du chemin de fer ou du coût du bateau, d'autres frais doivent être ajoutés.

C'est un problème à résoudre dans chaque cas particulier.

Il faut tenir compte des frais de camionnage, des intérêts d'approvisionnements plus considérables dans un cas que dans l'autre, des moins-values des matières qui restent trop longtemps en route et en dépôt.

Pour le transport proprement dit, la traction par eau sera toujours meilleur marché que par chemin de fer. S'il y a des canaux qui rapportent peu, il y a des chemins de fer qui coûtent fort cher.

Quant au système d'exploitation il n'y a aucune ressemblance. Sur le chemin de fer, le monopole avec ses avantages, ses charges, ses tarifs imposés; sur les canaux au contraire, vous avez la plus grande liberté, la plus grande variété de moyens de traction, depuis la gaffe jusqu'à la machine à vapeur la plus perfectionnée, etc. Quel sera le prix de revient de la tonne kilométrique? Il sera très variable.

En résumé, il peut y avoir place pour des chemins de fer et pour des canaux, mais avant de les établir il faut les étudier et s'assurer de leur utilité.

M. de Nordling répond aux observations qui ont été présentées sur son mémoire. Cette réponse sera insérée au Bulletin mensuel.

M. Pontzen réplique en rappelant le soin avec lequel il a différencié le tarif d'avec le prix de revient. Le reproche de confusion ne peut donc s'appliquer à ses observations. Il est d'accord, comme M. de Nordling l'a fait remarquer, avec M. de Freycinet, dont il connaissait les déclarations. Il est d'accord aussi avec M. Krantz, qui avait émis auparavant les mêmes idées. Il pense, avec ces messieurs. que si les chemins de fer ont pu s'assurer le transport de tonnages importants de marchandises à faible fret, cela est dû aux progrès apportés dans leur exploitation. Il est loin de croire que la diminution des prix de revient soit arrivée aujourd'hui, pour les voies ferrées, à sa dernière limite; mais il reste bien plus de progrès à

faire, sous ce rapport, sur les canaux. Le trafic d'un canal n'est pas illimité, comme le montrent le canal du Nord de la France et le canal de Saint-Quentin.

M. de Nordling ne fait pas grand cas de la faculté qu'ont les bateaux de s'arrêter en tout point du parcours d'un canal ; il est vrai qu'ils trouvent souvent, à ces sortes d'arrêts, des empêchements administratifs ou autres, mais on peut lever ces difficultés à l'aide de garages.

Certes le Rhin et d'autres fleuves allemands ont vu leur trafic s'accroître dans d'énormes proportions ; mais le développement des chemins de fer n'a pas été inutile à cet accroissement.

Il n'y a pas antagonisme entre les canaux et les chemins de fer. Ils s'aident mutuellement, et les voies navigables peuvent rendre de très grands services.

M. DE NORDLING craint qu'en disant que les canaux *peuvent rendre* de grands services, on n'encourage la construction de nouveaux canaux. Il préfère dire : quelques canaux *rendent* de grands services ; il recommande la plus grande prudence pour les canaux qu'il s'agirait de créer.

M. PONTZEN se déclare d'accord avec M. de Nordling sur cette conclusion.

M. GOTTSCHALK donne lecture d'nn passage d'un important ouvrage de M. Alfred Picard, président de section au Conseil d'État. Ce livre a été publié ces jours-ci même. En parlant de la navigation et des transports des chemins de fer, l'auteur montre la grande utilité pour la France de son réseau actuel de voies navigables, demande que ce réseau soit perfectionné, mais conseille aux pouvoirs publics de n'accorder qu'avec la plus prudente réserve les ressources du budget à de nouvelles créations de canaux.

M. FLEURY rappelle que ses conclusions sont conformes aux conseils de M. Picard, et que M. de Nordling, MM. Pontzen, Roy et Badois n'ont pas raisonné autrement. Améliorons le réseau existant, et ne construisons pas de voies inutiles.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que M. de Nordling paraît s'être trop hâté de prédire que chacun des membres qui ont pris part à la discussion s'en irait en emportant ses propres idées sur la question. Il semble que l'accord ait été plus facile qu'on n'avait pu le prévoir. Tous reconnaissent qu'il y a, de par le monde, des rivières et des canaux qui rendent les plus éminents services. On n'a pas contesté, naturellement les avantages que les chemins de fer, de leur côté, procurent à la civilisation.

On reconnaît que les canaux, et ceux de notre pays en particulier, appellent plus d'une amélioration : on peut en augmenter la pro-

fondeur, on peut leur donner des écluses plus spacieuses, en diminuer le nombre à l'aide des ascenseurs ; on peut enfin y perfectionner la traction.

Y a-t-il place encore, en France, pour de nouvelles créations de canaux ? On ne l'a pas contesté d'une façon formelle. Il n'est guère d'usage, d'ailleurs, parmi les ingénieurs, d'émettre des règles absolues. Nous restons toujours opportunistes et voulons étudier chaque problème d'après ses éléments propres. On pourrait certainement consacrer des sacrifices excessifs et mal justifiés à des constructions de voies navigables. Mais ne voit-on pas aussi de pareilles erreurs en matière de chemins de fer ?

Nous devons donc recommander une grande prudence dans l'examen des nouveaux projets de voies navigables.

M. LE PRÉSIDENT présente les remerciements de la Société à M. de Nordling, qui a bien voulu lui apporter, avec l'autorité qui lui appartient, le fruit de sa grande expérience, et aux Ingénieurs, si compétents sur ces questions de transport, qui ont éclairé sous des jours divers cet important débat.

La séance est levée à dix heures trois quarts.

Séance du 15 Avril 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 1er avril est adopté.

M. JORDAN rend compte d'un mémoire présenté à la Société par M. Gouvy fils, ingénieur de la Société Austro-Hongroise des chemins de fer de l'Etat, et dans lequel l'auteur étudie les divers perfectionnements introduits dans *la construction et le mode de fonctionnement des cubilots servant à la seconde fusion de la fonte*. Ce travail consciencieusement rédigé par un ingénieur au courant de ce qui s'est fait en Autriche-Hongrie, en Allemagne et en Angleterre, comme en France, est divisé en huit chapitres :

1° *Premiers appareils usités.*
2° *Emploi du vent chaud.*
3° *Influence du profil des cubilots et refroidissement des parois.*
4° *Répartition égale du vent.*
5° *Cubilots à aspiration.*
6° *Combustion complète de l'oxyde de carbone.*
7° *Cubilots alimentés au gaz.*
8° *Modifications de la composition des fontes au cubilot.*

M. JORDAN, sans s'attacher exactement à cet ordre, résumera le tra-

vail de M. Gouvy en s'arrêtant surtout à deux appareils nouveaux encore peu connus dans notre pays, et en accompagnant son résumé de considérations complémentaires ou critiques.

Tous les ingénieurs connaissent le cubilot employé à la seconde fusion de la fonte, au moins dans sa forme la plus simple, et beaucoup ont eu occasion de remarquer combien a varié et même varie encore, suivant les appareils, la quantité de coke consommée pour fondre 100 kilog. de fonte. La fusion de la fonte est en effet une opération si simple et si facile qu'on est resté longtemps sans étudier d'un peu près l'effet utile du combustible dans cette opération. Il y a une trentaine d'années (à l'époque où M. Jordan a commencé à s'occuper de fonderie), on considérait 20 kilog. de coke par 100 kilog. de fonte comme un chiffre normal : on trouve peut-être encore des fonderies où il continue à l'être, et cependant il y a d'autres fonderies où on ne consomme que 10 à 12 kilog. dans les mêmes conditions, c'est-à-dire en tenant compte du coke pour l'allumage et la mise en train de l'appareil. La consommation de coke pour la fusion d'un certain tonnage de fonte se compose en effet de deux parties : 1° *le coke pour l'allumage* et le premier remplissage du cubilot, quantité qui est constante avec l'appareil et qui, rapportée aux 100 kilog., donne un percentage d'autant plus faible que la fusion est plus importante; 2° *le coke pour la fusion* dont le percentage s'établit aisément par le rapport entre la charge de coke et la charge de fonte.

J'ai cherché, à propos du travail de M. Gouvy, à établir le bilan des quantités de chaleur produites et dépensées, pendant la fusion et sans tenir compte de l'allumage, dans trois cubilots, savoir :

1° *Cubilot de la fonderie de Vienne*, étudié par Ebelmen, dépensant 19 kilog. pour 100 kilog. fonte et dégageant au gueulard des gaz contenant en moyenne 17,2 CO^2 pour 13,3 CO (en poids) avec une température de 600° environ.

2° *Cubilot d'une fonderie de Hanovre*, étudié par M. Fischer, dépensant 6 à 7 kilog. de coke pour 100 kilog. de fonte et dégageant au gueulard des gaz contenant en moyenne 21,0 CO^2 pour 5,3 CO avec une température de 400° environ.

3° *Cubilot à combustion complète de l'oxyde de carbone*, dépensant 4 kilog. environ de coke pour 100 kilog. de fonte et dégageant des gaz privés d'oxyde de carbone à une température de 300° environ.

Voici comment la comparaison s'établit, en admettant pour le premier les mêmes chiffres que ceux exposés par M. Gruner dans un calcul analogue, et en rapportant tous les résultats au kilogramme de fonte refondue :

	Cubilot n° 1	Cubilot n° 2	Cubilot n° 3
Quantité de chaleur totale correspondant à la transformation en CO^2 de tout le combustible, y compris la chaleur produite par l'oxydation d'une partie du silicium et du fer de la fonte	1.463 cal.	572 cal.	410 cal.

	Cubilot n° 1	Cubilot n° 2	Cubilot n° 3
Chaleur de combustion du CO contenue dans les gaz du gueulard	521 cal.	94 cal.	
Chaleur sensible des gaz	240	66	40 cal.
Chaleur absorbée par la fonte	275	275	275
Chaleur absorbée par la scorie	20	20	20
Chaleur perdue par les parois	397	117	75
	1.463 cal.	572 cal.	410 cal.

A mesure que la proportion d'oxyde de carbone diminue dans les gaz du gueulard, l'énorme perte de combustible du cubilot de Vienne diminue considérablement. A mesure que le combustible est mieux utilisé dans l'appareil, le volume des gaz qui y circulent de bas en haut diminue en même temps que leur température au gueulard. A mesure que la consommation de coke diminue, le poids de scorie produite diminue aussi. Enfin, plus la fusion marche vite et plus il y a de la fonte chargée dans le cubilot, plus est relativement faible la perte de chaleur par les parois.

Mais passons en revue rapidement, en suivant M. Gouvy, les divers moyens qui ont été employés ou essayés pour améliorer l'effet utile du combustible dans le cubilot.

On a essayé, il y a bien longtemps, *le chauffage préalable du vent* envoyé par les tuyères du cubilot; mais le vent chaud qui a procuré aux producteurs de fonte dans les hauts fourneaux les avantages que l'on sait, n'en a procuré aucun aux fondeurs de fonte au cubilot. Les circonstances de la combustion dans les deux appareils sont en effet absolument différentes. Dans le haut fourneau, on a intérêt à créer dès le niveau des tuyères un courant ascendant réducteur aussi chaud que possible; on a besoin que l'acide carbonique qui a pu se produire soit transformé le plus vite possible en oxyde de carbone. Dans le cubilot au contraire, on cherche à empêcher le plus possible la production d'oxyde de carbone, et pour cela on a intérêt à ce que la température ne s'élève pas trop au-dessus de celle nécessaire à la fusion de la fonte et à ce que la région de fusion ne s'élève pas trop au-dessus des tuyères.

M. Gouvy s'occupe ensuite de l'*influence de la forme intérieure*, du *profil du cubilot*, et remarque que les cubilots présentant une cuve spacieuse raccordée par des étalages avec un ouvrage plus resserré n'ont pas amené d'économie sur le percentage du coke de fusion, mais ont permis de mettre en train une fusion avec une quantité moindre de coke d'allumage. Au sujet des enveloppes d'eau courante (*water jackets*) qui ont été essayées avec les cubilots, elles auraient seulement pour effet de diminuer la corrosion de la garniture intérieure réfractaire; aussi les a-t-on employées surtout pour protéger l'ouvrage et les étalages. Il n'est pas aisé de dire *a priori* quel serait le résultat si l'on entourait la cuve d'une *water jacket* qui la refroidirait par l'extérieur; peut-être dans un cubilot ordinaire obtiendrait-on ainsi une

certaine diminution dans la proportion d'oxyde de carbone que contiennent les gaz du gueulard.

L'étude de la *répartition du vent* pour son introduction dans le cubilot forme une partie importante, la plus importante, du travail de M. Gouvy. Après avoir décrit et discuté les moyens employés dans divers cubilots brevetés pour assurer la répartition uniforme du vent dans une même zone horizontale de l'appareil, il en arrive à exposer les résultats obtenus par l'adoption de deux niveaux de soufflage ou de deux étages de tuyères dans les cubilots Voisin, Biesse, Hamelius, Stewart. Il explique comment le vent introduit, en moindre quantité et avec une moindre pression, par une rangée de tuyères situées à une certaine hauteur au-dessus de la rangée principale (vent que j'appellerai *secondaire*, en réservant le nom de vent *primaire* à celui introduit au niveau inférieur), comment ce vent secondaire peut brûler et transformer en acide carbonique, au grand avantage de l'économie de combustible, l'oxyde de carbone qui provient de la réduction, par le coke incandescent, de l'acide carbonique produit par le vent primaire. Il fait remarquer que le choix de la hauteur où l'on veut injecter le vent secondaire a une grande importance, puisque si l'acide carbonique provenant de la réoxydation de l'oxyde de carbone par le vent secondaire rencontre encore au-dessus du coke incandescent, il se produira à nouveau de l'oxyde de carbone ; il en sera de même si cette réoxydation faite à un même niveau élève assez la température pour amener le coke à l'incandescence. Il faudrait, dit-il, pour être sûr qu'il ne se produira pas d'oxyde de carbone, que le vent secondaire fût introduit à un niveau où les matières descendantes n'ont pas encore atteint la température de l'incandescence, tandis que les gaz ascendants sont encore assez chauds pour s'enflammer au contact du vent. La situation de ce niveau, qui limite en haut ce que M. Gouvy appelle la *zone neutre*, est très difficile, sinon impossible à déterminer : aussi les gaz des cubilots à deux étages de tuyères contiennent-ils toujours de l'oxyde de carbone, en proportion réduite il est vrai, mais néanmoins encore assez importante. Je dois cependant observer ici que cette proportion peut être plus réduite que ne paraît le penser M. Gouvy, lorsque le niveau d'introduction du vent secondaire a été convenablement choisi en rapport avec les volumes des charges de coke et de fonte, à la limite supérieure de la région de fusion, et de telle sorte que le voisinage d'une charge de fonte encore solide dépouille de suite l'acide carbonique produit de la chaleur en excès qui pourrait ramener le coke à l'incandescence. Dans les cubilots hanovriens, dont M. Fischer a analysé les gaz, la proportion d'oxyde de carbone a souvent été au moment du plein travail de 3 0/0 seulement en volume et même inférieure. Mais il faut reconnaître néanmoins que le choix du niveau le meilleur pour le second étage de tuyères est difficile, et aussi que certains cubilots à 2 étages de tuyères n'ont pas fourni des résultats aussi avantageux qu'on s'y atten-

dait, par suite de modification dans le volume ou dans la vitesse de descente des charges. M. Gouvy décrit le *cubilot Greiner et Erpf* inventé en Hongrie (1885), qui a figuré à l'exposition de Budapest, et dans lequel les inventeurs, au lieu d'introduire le vent secondaire tout au même niveau, l'introduisent par des tuyères placées à divers niveaux et en hélice autour du cubilot, tuyères munies chacune d'un robinet de réglage pour la pression du vent. Avec cette disposition on réduit à rien la proportion d'oxyde de carbone dans les gaz du gueulard, et la proportion de coke employée pour la fusion est descendue dans une fonderie hongroise à 3 0/0 (non compris l'allumage) de la fonte. C'est le cubilot Greiner et Erpf que M. Gouvy considère comme le plus perfectionné actuellement. Avant de le décrire, il a rappelé les diverses tentatives faites pour fondre la fonte de fer au cubilot sans soufflerie (savoir le cubilot Heaton à tirage naturel, et le cubilot Woodward à jet de vapeur aspirant au gueulard) et décrit un cubilot nouveau, le *cubilot Herbertz* (1886), dans lequel l'air atmosphérique pénètre à deux niveaux, d'abord suivant une ouverture en couronne continue séparant le creuset de l'ouvrage, puis par un certain nombre d'ouvreaux-tuyères placés à une certaine hauteur au-dessus, cet air étant appelé par un exhausteur ou aspirateur à jet de vapeur placé en communication avec le gueulard. M. Gouvy fait à cet appareil un reproche qui s'applique à tous les fours à cuve où l'air comburant pénètre par en bas, appelé par une aspiration au gueulard : l'air et les gaz de la combustion, qui sont bien répartis également sur toute la section de l'appareil au niveau d'arrivée, tendent en s'élevant dans la cuve à se créer des passages à travers les charges, des cheminées, où ils passent sans se répartir aussi également sur toute la charge que dans un four à cuve où ils arrivent de bas en haut poussés par une soufflerie : ce serait à cette cause qu'il faudrait attribuer la présence d'une certaine proportion d'oxygène libre dans les gaz du gueulard et le fait d'une consommation de coke moins réduite que dans certains cubilots soufflés à deux niveaux.

Mais cette appréciation peut être sujette à critique. Si les gaz du gueulard contiennent une certaine quantité d'oxygène libre, ce qui témoigne qu'une partie de l'air entré par en bas a traversé le cubilot sans agir sur le coke, ces gaz ne contiennent pas d'oxyde de carbone ou presque pas ; par conséquent, si la perte de calories par la chaleur sensible des gaz du gueulard est augmentée parce que le volume de ceux-ci est augmenté par l'air en excès, la perte de calories par l'oxyde de carbone qui sort non brûlé du gueulard n'existe pas ici. Quant à la non-répartition des gaz sur toute la section, elle présente peut-être, en diminuant les chances de réduction de l'acide carbonique formé dans le bas, plus d'avantage que de désavantage. Du reste MM. Tangye, de Birmingham, déclarent ne consommer que 4 0/0 de coke de fusion avec le cubilot Herbertz dans leur fonderie, ce qui indiquerait un effet utile du combustible très avantageux.

Diverses tentatives ont été faites pour opérer la fusion de la fonte dans le cubilot *sans qu'elle se trouve en contact avec les cendres du combustible.* M. Gouvy les rapporte. La plus récente est celle de M. J. Riley aux aciéries de Blochairn, en Ecosse, pour mettre en fusion, dans un cubilot situé à la suite d'un four à fabriquer l'acier sur sole, la fonte nécessaire pour cette fabrication, au moyen des gaz provenant d'un gazogène.

Enfin le dernier chapitre est consacré à l'exposé des *modifications dans la composition des fontes* qui ont lieu naturellement dans le cubilot ou que l'on peut tenter d'y obtenir.

En terminant, M. Jordan croit que M. Gouvy mérite les remerciements de la Société, non seulement à cause de l'intérêt de son travail, mais aussi à cause de l'exemple qu'il montre à un trop grand nombre de membres de la Société qui ne se sont pas encore acquittés de la dette qu'ils ont contractée en y entrant, c'est-à-dire de l'obligation de lui présenter un mémoire sur une question de leur compétence.

M. Périssé croit que le coefficient de 3 kilog. est bien difficile à obtenir; ainsi dans le tableau III, par exemple, sur 410 calories développées il y en a 275 d'absorbées par la fonte, ce qui donne une utilisation de 67 0/0 assez admissible, tandis que si la consommation de coke n'était que de 3 kilog., on arriverait à une utilisation de 90 0/0, ce qui à première vue paraît presque impossible. En mécanique, il n'y a que la roue Sagebien qui puisse donner un semblable effet utile.

M. Jordan fait observer que M. Gouvy cite une usine hongroise où l'on a constaté une consommation de $2^k,90$ de coke pour 100 kilog. de fonte, mais que sans doute cela peut-être dû à une qualité exceptionnelle du coke.

M. Regnard pense que certaines fontes silicieuses brûlent leur silicium et que cette chaleur de combustion vient s'ajouter à celle du coke.

M. Jordan dit que les fontes refondues peuvent du reste contenir des quantités de chaleur diverses, être à une température voisine du point de fusion ou être notablement *surfondues*, comme on dit que cela se fait chez Krupp pour les fontes destinées au convertisseur Bessemer.

M. Mayer pense qu'il y a lieu de tenir compte des éléments susceptibles de brûler contenus dans les fontes, et que le rôle du silicium en particulier est à considérer.

M. Jordan déclare que dans les chiffres 1463,572 et 410, qui représentent les calories dépensées, il est tenu compte de celles fournies par la combustion du silicium.

M. le Président remercie M. Jordan et M. Gouvy. Il serait dési-

rable que des monographies du même genre fussent souvent présentées à la Société et analysées d'une façon aussi scientifique.

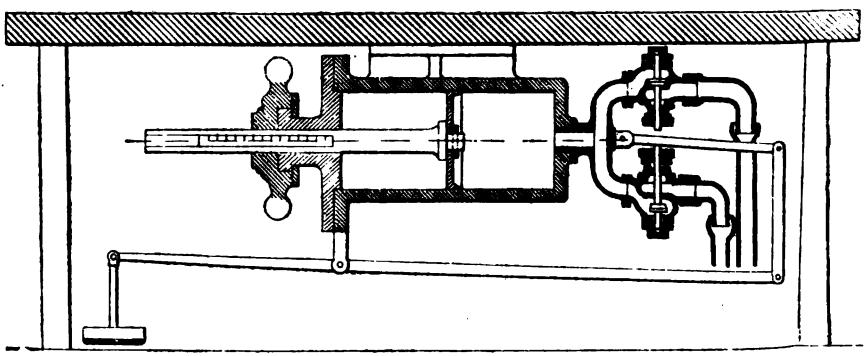
M. LE PRÉSIDENT annonce qu'une invitation a été adressée à la Société au nom de M. Alphand, directeur général des travaux de l'Exposition, et de M. Eiffel pour aller visiter les travaux des fondations de la Tour et que rendez-vous est pris pour vendredi prochain 22, à 9 heures 1/2 très précises du matin, à la porte d'Iéna, quai d'Orsay.

M. APPERT fait l'historique du procédé du soufflage du verre à l'air comprimé dont l'application tend à se répandre en France et à l'étranger. Il s'applique en particulier aux procédés du moulage au *plein* et du moulage à *l'air* qui, comme on sait, prennent une extension de plus en plus grande. Cependant certains établissements verriers n'ont pu installer encore les appareils à l'air comprimé, par suite de l'opposition faite par les ouvriers eux-mêmes qui craignent que tout changement à leurs habitudes et à leur manière de travailler ordinaire ne devienne une cause d'abaissement des salaires. D'autre part, beaucoup d'industriels redoutent des difficultés avec leurs ouvriers et reculent devant les frais d'installation des appareils, quoique ces dépenses soient peu élevées.

Dans les nouvelles installations, on a remplacé les cylindres nombreux et de faible capacité relative par des cylindres employés primitivement ayant $1^{m},10$ de diamètre et 5 mètres de longueur; les robinets d'arrêt sont du système Westinghouse; les régulateurs système Pintsch ont été disposés en double, de façon à pouvoir se substituer l'un à l'autre en quelques secondes en cas d'accident; l'ensemble des dispositions adoptées pour cette application toute spéciale a été pris cependant comme modèle pour l'installation des signaux sonores destinés à protéger les navires en temps de brouillard.

M. APPERT explique ensuite le fonctionnement d'un nouveau *régulateur*, dit *régulateur différentiel*, qui a pour but de donner pour le soufflage des pièces moulées claires une pression automatiquement graduée. Il

Régulateur différentiel de pression, système Appert.



se compose d'un cylindre en fonte alésé ayant $0^m,10$ de diamètre, $0^m,20$ de longueur, dans lequel se meut un piston dont la tige filetée porte des divisions en centimètres. Elle peut être actionnée par un faux écrou manœuvré à la main, de telle façon que la capacité du cylindre peut varier à volonté; sur le fond est posé un appareil distributeur formé de deux robinets à fermeture automatique, dont le jeu est produit par une même tige disposée de telle sorte que, à aucun moment, les deux robinets ne puissent être ouverts simultanément. Le robinet qui communique avec la canalisation générale est ouvert d'une façon permanente et fait, par suite, communiquer cette canalisation avec le cylindre.

Quand l'ouvrier veut produire le soufflage d'une pièce, il appuie le pied sur la pédale, laisse par suite se fermer le robinet communiquant avec la canalisation et, du même coup, ouvre le deuxième robinet faisant communiquer à son tour le cylindre avec la pièce à souffler. Il s'établit immédiatement entre les deux capacités un équilibre de pression, et c'est sous cette nouvelle pression que se produit le soufflage de la pièce.

On peut en calculer facilement la valeur en appliquant la loi du mélange des gaz, donnée par Dalton, et l'on voit que par une série de mouvements successifs exécutés sur la pédale, l'ouvrier produira automatiquement une série de pressions progressivement croissantes, ce qui est la condition nécessaire pour obtenir le moulage clair dans de bonnes conditions.

M. Appert dit que l'appareil à capacité constante, simplifié pour la fabrication de pièces de même volume, ne coûte que 40 francs, tandis que complet son prix est de 120 francs. Par son emploi on obtient d'une façon certaine des produits irréprochables comme pureté et netteté.

M. le Président remercie M. Appert de son intéressante communication.

La Société a reçu une nouvelle protestation contre le cinquantenaire des chemins de fer, émanant de la Société d'agriculture et d'histoire naturelle de Lyon.

M. Regnard présente l'analyse du *Rapport fait, au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi ayant pour objet l'établissement du réseau métropolitain de Paris, par M. Pradon, député.*

Le rapport de M. Pradon est divisé en deux parties, sous les titres généraux : Exposé et Discussion.

La première partie renferme tout ce qui est nécessaire, non seulement pour se rendre compte du projet tel qu'il se présente devant la Chambre, mais encore pour suivre depuis l'origine les diverses phases et transformations par lesquelles il a passé avant de revêtir cette forme définitive.

La seconde partie est un examen approfondi des conditions dans lesquelles le nouveau réseau va être appelé à prendre naissance et à se développer, et des rapports établis par le projet entre les différentes parties contractantes dont l'accord préalable a fait l'objet de laborieuses négociations. Elle se termine par le dispositif du projet de loi que la Commission propose à la Chambre d'adopter, on verra au milieu de quelles craintes et avec quelle résignation.

Comme le point de vue technique est celui qui intéresse particulièrement notre Société, cette rapide analyse laissera de côté tout ce qui s'en écarte, ne signalant des conditions financières de l'entreprise que ce qui est nécessaire pour se faire une idée de la combinaison toute spéciale et assez complexe destinée à assurer la construction et l'exploitation du nouveau réseau.

Ire PARTIE

Exposé. — M. Pradon commence par quelques considérations sur les Métropolitains en exploitation. Après avoir seulement nommé ceux de Berlin, Rotterdam, Philadelphie et New-York et signalé qu'ils sont établis sur viaduc, il parle plus longuement de celui de Londres, qui seul lui paraît avoir de sérieuses analogies avec celui de Paris, quant aux intérêts à desservir. Il est vrai que c'est le seul que la Commission ait visité.

Suit une description succincte des lignes métropolitaines de Londres, que l'auteur termine en mettant en relief les difficultés et les inconvénients de l'exploitation souterraine, les dépenses énormes nécessitées par la construction des derniers kilomètres, les obstacles que le souterrain oppose à la jonction avec les grandes lignes dans les gares de contact, et finalement la situation peu prospère des Compagnies après vingt ans d'exploitation.

Il y a lieu de passer rapidement sur l'historique du Métropolitain de Paris, qui vient ensuite. C'est dans le texte, fort intéressant, qu'il faut voir quelles causes ont fait échouer successivement tous les projets auxquels le Gouvernement a accordé son attention depuis 1872, et constater à quel point les conditions de tracé et d'exécution ont été rejetées au second rang par les considérations financières qui ont toujours paru être le principal souci des corps délibérants.

Le rapporteur donne ensuite la description du projet actuel en reproduisant le mémoire descriptif publié par lui pour la première fois.

L'ensemble du réseau comporte un développement de 43 kilomètres se divisant en deux parties :

Le premier réseau de 36 kilomètres comprend cinq lignes :

1° Une ligne circulaire partant de la place de l'Étoile pour y revenir et passant par la place Clichy, les gares du Nord et de l'Est, les

places de la République et de la Bastille, les gares de Lyon et d'Orléans, la place Denfert-Rochereau, la gare Montparnasse, la place Cambronne et le Trocadéro;

2° Une ligne transversale partant de la place de Strasbourg, suivant les boulevards de Strasbourg et de Sébastopol, traversant la Seine et la Cité à la hauteur de la place Dauphine, puis suivant le boulevard Saint-Michel et la rue de Rennes pour aller aboutir place Denfert-Rochereau ;

3° Une ligne de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord, passant par l'Opéra, le carrefour Drouot et le square Montholon ;

4° Une ligne des Batignolles à la place de la République, passant par l'Opéra, la Bourse et les rues du Quatre-Septembre, Réaumur et Turbigo ;

5° Enfin une ligne de la place de l'Étoile à la porte Maillot.

Le deuxième réseau, ou réseau éventuel, comprend :

1° Une ligne de la place de la République à Ménilmontant;

2° Une ligne de la place Walhubert au Luxembourg.

— La ligne circulaire est la seule qui contienne des parties en viaduc. Ces parties sont situées près la Bastille, à la Glacière et à Grenelle; elles ont 7 kilomètres. Le reste de la ligne présente 6 kilomètres en tranchée et autant en souterrain.

Elle comporte un développement de 6 kilomètres en courbes, dont plus de la moitié d'un rayon de 150 mètres.

Il y a 13 kilomètres de pentes et rampes contre 6 de paliers. Le maximum des déclivités est de 0,020, et plus de 5 kilomètres ont des pentes supérieures à 0,015. Le rapport ajoute, il est vrai, que la *déclivité moyenne* est de $7^{mm},9$.

On s'explique peu cette mention de la déclivité moyenne que le mémoire descriptif a soin de reproduire pour chaque ligne.

Cette ligne comporte 35 stations : 13 sur viaduc, dont la plus élevée (quai d'Orsay) est à $10^{m},11$ au-dessus du sol; 12 en tranchées, dont la plus profonde (Montmartre) à 10 mètres, et 12 en souterrain dont la plus profonde (place de la République) à $11^{m},16$. C'est dans cette station qu'est prévu un service de bagages et de messageries.

— La ligne transversale Nord-Sud a $6^{k},985$ *entièrement en souterrain* avec passage *sous la Seine*; 11 courbes sur 22 sont de 150 mètres de rayon; 5 kilomètres sont en pentes et rampes dont les déclivités, coïncidant avec les courbes de faibles rayons, vont jusqu'à $0^{m},025$.

Les onze stations sont souterraines; celles de la place Dauphine à $15^{m},80$ de profondeur, de la tour Saint-Jacques à $11^{m},68$, de Cluny à $10^{m},20$. Cette dernière comporte un service de bagages et de messageries.

— La ligne de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord est entièrement souterraine.

Toutes les stations sont souterraines, la profondeur maximum est de $6^{m},71$.

— La ligne des Batignolles à la place de la République est entièrement souterraine. 11 courbes sur 16 ont 150 mètres de rayon, la déclivité maximum est de $0^{m},022,8$. Les 8 stations sont souterraines, celle du boulevard Sébastopol à $11^{m},73$ de profondeur, celle de la place de la République à $11^{m},85$.

— La ligne de la place de l'Étoile à la porte Maillot est entièrement souterraine. Les trois courbes qu'elle comporte ont 150 mètres de rayon, ses déclivités maxima $0^{m},020$. Les deux stations sont souterraines, celle de la place de l'Étoile à $11^{m},04$ de profondeur.

Les deux lignes constituant le réseau éventuel sont projetées dans les mêmes conditions.

— La première, de la place de la République à Ménilmontant, passe *sous* le canal, comporte 8 courbes dont 6 de 150 mètres et avec une pente de $0^{m},020$ sur une longueur de 2 kil. 930.

— La seconde, de la place Walhubert au Luxembourg, a 13 courbes de 150 mètres de rayon constituant la moitié de son parcours, et des déclivités de $0^{m},020$; elle a une seule station, souterraine (Panthéon) à $11^{m},60$ de profondeur.

En résumé le réseau total comporte :

En viaduc.	9 kilom.	150
En tranchée partiellement couverte.	6 —	350
En souterrain	27 —	910
Total.	43 kilom.	410

Les stations se divisent comme suit :

En viaduc.	14
En tranchée	12
En souterrain	42
Total.	68

Toutes les lignes sont établies à deux voies avec l'écartement normal de $1^{m},44$.

Le Mémoire descriptif mentionne ensuite qu'il a été étudié 4 profils en travers types, pour les quatre cas qui se présentent :

Voie en souterrain.

Voie en tranchée couverte.

Voie en tranchée ouverte.

Voie en viaduc.

Voie en souterrain. — Deux types sont prévus, l'un pour les terrains peu résistants, avec voûte de $0^{m},70$ d'épaisseur et piédroits de 1 mètre à la base; l'autre, pour les terrains résistants, avec voûte de $0^{m},45$ d'épaisseur.

L'exécution des souterrains se fera par tranchées ou par galeries, selon la profondeur.

Les passages sous la Seine dans des anneaux métalliques seront l'objet d'une étude spéciale, qui dépendra du mode à adopter pour l'exécution.

Voies en tranchée. – Les deux types ne diffèrent entre eux que par un tablier métallique qui transforme la tranchée ouverte en tranchée couverte. Les piédroits ont 1m,75 d'épaisseur au niveau des rails, un fruit de 1/10 et des retraites de 2 mètres de hauteur; ils sont reliés entre eux à la partie inférieure par un radier de 20 à 70 centimètres d'épaisseur, suivant les terrains. Des niches voûtées de 2 mètres de largeur y sont pratiquées à 1m,50 de distance entre elles.

Pour la tranchée couverte, la hauteur disponible sous le tablier est de 4m,80 comptée du niveau des rails. Ce tablier est composé de poutres en fer de 60 centimètres de hauteur, de 8m,30 de portée, consolidées par des consoles. Elles sont espacées de 2 mètres et reliées entre elles par des voûtes en briques de 11 centimètres avec chape en béton.

Voie en viaduc. — Le viaduc se compose d'arcades en maçonnerie d'une portée de 6 mètres avec piédroits de 1m,80 d'épaisseur, percés de portiques voûtés constituant une galerie centrale. La largeur entre les têtes est de 9 mètres.

Dans les sections où les percées ne comportent pas de rues latérales, il sera ménagé une distance de 3 mètres entre le viaduc et les constructions riveraines.

Les deux ponts sur la Seine et le viaduc sur la Bièvre seront l'objet d'études spéciales et détaillées.

Stations. — Les stations seront très simples et constituées par un élargissement de la plate-forme pour l'établissement de quais de 5 mètres de largeur sur 100 mètres de longueur. Sur les parties en viaduc la plate-forme sera couverte d'une halle légère en tôle ondulée formant un arc elliptique reposant sur des parois vitrées.

Nous avons vu qu'il est prévu trois stations à bagages. La plus importante est celle de l'Opéra.

La description de cette gare demanderait à être suivie sur un plan que le rapport ne fournit pas. Il résulte néanmoins des explications données, qu'elle s'étend sous le boulevard Haussmann entre l'Opéra et la rue Tronchet sur une longueur de 500 mètres. On peut y faire stationner six trains sans interrompre la circulation. Deux pâtés de maisons sont absorbés, l'un pour le service et l'administration, l'autre pour un hôtel avec buffet. La circulation en sous-sol s'effectue à deux niveaux superposés, l'un qui est le niveau des quais, des bureaux du mouvement, des consignes, des messageries; l'autre intermédiaire constitué par un ensemble de passerelles permettant aux

voyageurs d'aborder les différents quais en circulant par-dessus les trains et sous le plafond qui supportera la chaussée.

Ce souterrain prendra jour et air sur le refuge derrière l'Opéra et à l'intersection de la rue du Havre. Les deux gares de la place de la République et de Cluny sont moins importantes, mais analogues. Près des Halles, il est prévu deux voies de garages auxquelles aboutissent des embranchements souterrains desservant le sous-sol des pavillons.

Superstructure. — Le rail adopté est du type Bullheaded à champignon dissymétrique de 45 kilogr. Les traverses sont espacées de $0^m,73$ d'axe en axe et reposent sur $0^m,50$ de ballast.

Estimation de la dépense. — La dépense du premier réseau est estimée à 220 millions.

Soit pour l'infrastructure	Fr.	180.950.000
Pour la superstructure		15.050.000
Frais généraux, intérêt et amortissement 12 0/0.		23.520.000
Total		219.520.000

soit 220 millions.

Le premier chiffre se décompose en

Expropriations, compris la rue Réaumur . . .	92.300.000
Travaux	88.650.000
	180.950.000

Le second en

Voie, matériel et accessoires	4.300.000
Matériel d'exploitation	10.750.000
	15.050.000

Le réseau éventuel est estimé 30,000,000.

Le Mémoire descriptif donne ensuite quelques détails sur les bases qui ont servi à établir les estimations. Les prix d'expropriation ont été fixés entre 1,000 et 2,500 francs suivant les quartiers, avec une plus-value de 20 à 50 0/0 pour indemnités locatives et frais judiciaires.

Les propriétés sous lesquelles la ligne passe en souterrain ont été évaluées de 1,000 à 1,200 francs le mètre, à cause de la revente avec dépréciation.

Les travaux d'infrastructure sont évalués avec plus-values pour terrains difficiles ou profondeurs supplémentaires à 1,500 et 1,200 francs le mètre courant pour le souterrain, 1,500 francs pour la tranchée, 2,200 francs pour la tranchée couverte et 1,700 francs par mètre courant pour le viaduc.

Pour les travaux de passage sous la Seine, on a compté une plus-value de 6,000 francs par mètre courant.

Les ponts métalliques sont évalués de 20,000 à 50,000 francs suivant

la portée ; les viaducs, pour la traversée de la Seine et de la Bièvre, à 5,000 fr. par mètre courant. Les stations ont été estimées à part ; la plate-forme donne lieu à une plus-value de 25 francs par mètre, les escaliers sont comptés 500 francs par mètre de hauteur, la passerelle 5,000 francs et les kiosques dans lesquels débouchent les issues 1,000 fr. chacun ; soit au total 800 à 1,000 francs de plus-value par mètre courant de station.

Sur les viaducs, la halle en tôle ondulée est estimée 300 francs par mètre courant pour 15 mètres de largeur.

Le mètre courant de voie simple est estimé 40 francs ; le block-système et signaux, 15,000 francs par kilomètre ; poteaux kilométriques, fils télégraphiques, 1,500 francs par kilomètre ; enclanchements, changements, 50,000 francs par bifurcation. Aux termes du cahier des charges, le matériel d'exploitation est évalué 300,000 fr. par kilomètre.

Modifications successives du projet — Comparant le projet définitif à celui présenté primitivement par M. Baïhaut, le 3 avril 1886, le rapport constate que les modifications portent sur :

1° La ligne circulaire reportée à la place d'Italie et au boulevard de Grenelle ;

2° La transversale Nord-Sud qui abandonne le boulevard du Palais pour passer la Seine sous la place Dauphine ;

3° Et la ligne Saint-Lazare-Nord qui d'aérienne devient souterraine.

Les suppressions sur :

4° La ligne aérienne, carrefour-Drouot-Bastille qui disparaît.

Enfin les additions sur :

5° Les lignes des Batignolles à la place de la République et de l'Étoile à la porte Maillot, ajoutées au premier réseau, et tout le second réseau.

Un tableau résume les estimations comparées des trois projets successivement présentés.

Le chapitre qui examine les amendements divers au tracé, présentés à la Commission, offre peu d'intérêt. On y remarque que l'amendement de M. Wickersheimer, ayant pour but d'éviter le passage sous la Seine, a été écarté par le Ministre comme contraire aux stipulations avec les grandes Compagnies.

Suit une intéressante comparaison entre les projets de M. Haag, de MM. Vauthier et Deligny, et du Gouvernement.

Il y est constaté que la liaison directe des gares qui caractérise le projet Haag, a été également une des préoccupations des deux autres projets qui la réalisent d'une façon moins directe et en rejetant les raccordements loin des têtes de ligne, de telle sorte que les gares terminus, contrairement à ce qui avait lieu dans le projet Haag, sont laissées en dehors du parcours des trains lancés sur le Métropolitain.

La traversée de la Seine s'effectue différemment dans chaque projet : en tunnel dans le projet du Gouvernement, sur un pont dans les autres, à la pointe de la Cité dans le projet Deligny et Vauthier, et à la pointe de l'île Saint-Louis dans le projet Haag.

Le rapporteur mentionne ensuite l'offre faite par MM. Vauthier et Deligny d'effectuer à forfait la construction du projet gouvernemental pour 140 millions en supprimant la traversée de la Seine en tunnel et le tracé par la rue Réaumur.

L'étude des voies et moyens fait l'objet du chapitre suivant.

Les voies et moyens d'exécution résultent d'un ensemble de pièces qui sont :

1° La convention entre le Ministre des travaux publics et M. Christophle, gouverneur du Crédit Foncier;

2° La convention entre l'État et les grandes Compagnies de chemins de fer ;

3° La convention entre l'État et la Compagnie du Nord ;

4° Les délibérations du Conseil municipal des 3 juillet et 6 août 1886.

Convention entre l'État et M. Christophle. — Par cet acte, M. Christophle, déclaré concessionnaire du réseau métropolitain, s'engage à constituer une Société au capital de 65 millions, qui émettra des obligations pour la somme complémentaire représentant le montant des travaux.

Les travaux seront exécutés par l'État avec les fonds de la Compagnie.

L'État garantit à la Compagnie un intérêt de 4 0/0, amortissement compris, sur le montant du compte de premier établissement, *sans que l'annuité puisse en aucun cas dépasser 8,800,000 francs.*

Les sommes ainsi versées par l'État constituent des avances remboursables avec intérêt sur les excédents qui se produiraient ultérieurement.

Convention entre l'État et les grandes Compagnies. — Les Compagnies effectueront à leurs frais les raccordements de leurs voies avec celles du Métropolitain.

Le chemin, passant à proximité des gares des Compagnies, *sera établi de manière à permettre la prolongation des trains ordinaires desdites Compagnies* et trois stations, dont une à l'Opéra, seront aménagées pour le service des bagages.

Les Compagnies s'engagent à développer le trafic du Métropolitain qui percevra les deux tiers de la recette du parcours effectué sur son réseau, cette fraction constituant *le trafic d'apport des Compagnies.*

Les Compagnies s'engagent à faire circuler sur le Métropolitain un nombre de trains suffisant pour produire annuellement un trafic d'apport de cinq millions.

Le reste de la convention détermine dans quelles conditions ce tra-

fic, s'il n'est pas atteint, sera avancé par les Compagnies pendant vingt ans, puis finalement remboursé par elles et porté à titre de travaux complémentaires sur leur compte de premier établissement.

Convention entre l'État et la Compagnie du Nord. — Cette convention met à la disposition de la Compagnie du Métropolitain les remises et ateliers de la Compagnie du Nord, moyennant payement d'un loyer des installations utilisées et de l'usure des voies employées.

Délibérations du Conseil municipal. — Le Conseil municipal participe à la garantie en allouant : par antériorité, une annuité de 1 million 275,000 francs afférente à l'opération de la rue Réaumur, pendant toute la durée de la concession ; puis une participation égale au sixième de la garantie incombant à l'État pendant les 25 premières années d'exploitation, ces deux sommes ne devant en aucun cas excéder 2,225,000 francs par an.

La Ville, pendant cette même période de 25 ans, participerait pour 1/3 dans les bénéfices du Métropolitain.

On verra plus loin que ces combinaisons ont été modifiées par la Commission de la Chambre.

En comparant cet ensemble de conventions avec celles primitivement présentées par le gouvernement, on voit que la principale et importante modification consiste en ceci : que le chiffre de la garantie de l'État, qui primitivement portait sur le montant total du compte de premier établissement, quel qu'il puisse être, a été par la Commission de la Chambre fixé à un maximum de 8,800,000 francs, soit à 4 0/0 sur le montant du devis estimatif de l'avant-projet qui s'élève à 220,000,000, de sorte que si ce devis n'a pas été établi d'une façon scrupuleuse, s'il est inexact ou incomplet, le concessionnaire devra seul en supporter les conséquences et en payer les frais, l'État exécutant les travaux avec l'argent qu'il aura à lui fournir.

Cahier des charges. — Le cahier des charges s'écarte peu de celui qui est en usage pour les concessions ordinaires ; quelques points seulement sont à signaler :

Le rayon minimum des courbes est fixé à 150 mètres avec une partie droite de 50 mètres entre deux courbes en sens inverse.

Le maximum de l'inclinaison des pentes et rampes est fixé à 27 millimètres par mètre.

Les taxes à percevoir par tête et par kilomètre sont les suivantes :

1re classe.	Fr. 0.10
2e classe.	0.075
3e classe.	0.04

Pour les sous-officiers et soldats elles sont réduites à :

2e classe.	Fr. 0.037
3e classe.	0.02

Un minimum de perception est prévu de 0,25 pour la 1re classe, 0,15 pour la 2e classe, et 0,10 pour la 3e classe, ainsi qu'un maximum de 1 fr., 0,75 et 0,40.

Des billets d'aller et retour seront délivrés avec 50 0/0 de rabais avant 7 heures du matin en été et 8 heures en hiver.

Le prix unique de transport des marchandises sera de 0,36 par tonne et kilomètre.

Ces tarifs pourront être abaissés après que certains bénéfices prévus seront acquis aux actionnaires.

La Compagnie est administrée par un gouverneur nommé par l'État, ayant droit de *veto* sur les décisions du Conseil, un sous-gouverneur nommé également par l'État, huit administrateurs désignés par les actionnaires, deux nommés par le Ministre des Travaux publics et deux élus par le Conseil municipal de Paris.

Après quelques mots sur l'enquête d'utilité publique, le rapport examine les prévisions du trafic.

Les explications fournies au Conseil des ponts et chaussées par M. le Directeur des chemins de fer portent à 80 millions environ le chiffre annuel des voyageurs du futur Métropolitain. M. Pradon, mettant en face de ce chiffre ceux fournis par la Compagnie des Omnibus qu'il réfute, puis les évaluations de M. Haag et celles de MM. Vauthier et Deligny, conclut de la façon suivante, après avoir présenté le tableau des mouvements de tous genres qui se produisent dans une ville comme Paris : « Pour répondre à ces besoins, il faut un instrument de transport » très perfectionné, commode, très accessible, pénétrant le plus possi- » ble dans le centre, d'une grande souplesse et d'un usage agréable, » moyennant quoi le mouvement de 80 à 100 millions de voyageurs » semble pouvoir être atteint, aussitôt que l'habitude du nouveau » mode de locomotion aura passé dans les mœurs. »

L'estimation des frais d'exploitation fait l'objet du dernier chapitre de la première partie.

Ces frais sont évalués par M. l'Inspecteur général Delocre, dans son rapport au Conseil général des ponts et chaussées, à 2 francs par train kilométrique en s'appuyant sur ce fait qu'ils sont de 2 fr. 69 sur la Petite-Ceinture et que l'exploitation par circuit fermé est une cause d'abaissement des frais.

M. le Rapporteur observe à ce propos qu'en tenant compte des circonstances favorables qui peuvent abaisser le prix moyen d'exploitation, M. l'Inspecteur général néglige les circonstances qui pourraient influer en sens contraire, telles que les pentes plus fortes, les rayons plus faibles, les trains plus réduits, les arrêts plus fréquents et l'exploitation souterraine.

Le rapport donne ensuite les évaluations de ces frais, telles que les établissent MM. Vauthier et Deligny et M. Haag.

IIme PARTIE

Discussion. — En abordant cette seconde partie de son rapport, M. Pradon s'exprime de la manière suivante :

« Après l'exposé de l'affaire en son état actuel, aussi complet et » aussi clair qu'il a été possible de l'établir avec les documents exis- » tants, il reste à votre rapporteur à mettre en relief les préoccupa- » tions essentielles de votre Commission, à discuter les points restés » en suspens, à fixer les responsabilités diverses et enfin à dégager » comme conclusion le projet de loi pouvant résulter de l'accord défi- » nitif entre les parties contractantes. »

Puis, le rapporteur entre dans une discussion dont le résumé, que nous allons essayer de faire, ne peut donner qu'une idée incomplète. C'est sur le texte même que nous engageons ceux de nos collègues que la question intéresse à se rendre compte de toutes les objections qu'a soulevées dans la Commission le projet du gouvernement, de toutes les inquiétudes qu'il a fait naître et de l'obscurité qui enveloppe encore toute cette affaire.

Le remarquable travail de M. Pradon éclaire vivement ces ténèbres qu'il ne pouvait dissiper tout à fait; suivons-le pas à pas, pour pénétrer à sa suite au cœur de cette question si complexe et en somme si peu connue.

Le projet primitif. — « Le projet primitif, déposé au mois d'avril » dernier, était, suivant la déclaration du Ministre, *emprunté soit au* » *projet de MM. Vauthier et Deligny, soit au projet de M. Haag.* On » peut dire qu'il présentait réunis les inconvénients des deux systèmes. » Les lignes les plus importantes du premier réseau étaient souterrai- » nes. Leurs pentes et leurs courbes les rendaient peu propres à l'ex- » ploitation par les grandes Compagnies, qui était la base même du sys- » tème si complet et si concordant dans toutes ses parties développé » devant votre Commission par M. Haag. D'autre part, l'on choisissait » dans le tracé de cet ingénieur deux lignes qu'on établissait sur viaduc: » pour le premier réseau, celle de la gare Saint-Lazare à la gare du » Nord; pour le second réseau, celle du carrefour Drouot à la Bastille. » Les expropriations nécessaires en élevaient le prix pour la première à » 70 millions, pour la seconde à 240 millions. Aucune des appropriations » des terrains à acquérir, si ingénieusement combinées par M. Haag » pour compenser la dépense des expropriations, ne venait ici en atté- » nuer l'exagération.

» Ces parties mal liées ne formaient pas un ensemble. Il fallait se » résoudre à choisir entre les divers systèmes. Le choix inévitable » s'est produit, tant par l'initiative du Conseil municipal dans le sens » de dépenses nouvelles d'un intérêt étroitement parisien, que par » l'initiative de votre Commission dans le sens des réductions de dé- » penses. »

Le Conseil municipal a réclamé l'adjonction de la ligne gare Saint-Lazare à la place de la République, par la rue Réaumur, et de la ligne de l'Étoile à la porte Maillot; il a supprimé la ligne en viaduc du carrefour Drouot à la Bastille et fait prévaloir le souterrain avec ses difficultés de construction et d'exploitation.

Le choix, d'ailleurs, appartenait à la Ville. Elle a néanmoins hésité.

« Au milieu de beaucoup d'objections diverses qui semblent s'être » élevées dans ces temps récents contre le système souterrain, lisons-» nous dans le rapport très étudié de l'honorable M. Lefebvre-Ron-» cier, des esprits très sérieux sont venus nous représenter que le sys-» tème souterrain donnerait peu de satisfaction à un de nos désirs les » plus chers, à celui de faire du Métropolitain le signal de la reprise » des affaires et des travaux dans Paris. Il est avéré, en effet, que » les ouvriers parisiens travaillent peu dans les travaux souterrains » et, en général, dans les travaux de terrassements, qui semblent » être plutôt accaparés par les Belges, un certain nombre d'Alle-» mands et de Piémontais. On a pensé, au contraire, que dans le » système aérien tous les corps de métiers parisiens auraient plus de » chances de se trouver employés dans l'ensemble des travaux... »

Et plus loin : « L'agrément plus grand, au point de vue de la cir-» culation, les recettes probablement supérieures, les jonctions plus » faciles avec les grandes voies ne sont pas cependant des raisons suf-» fisantes pour entreprendre d'un bloc des entreprises aussi onéreuses.

» A Londres enfin où des raisons climatériques semblent expliquer » et justifier l'application première du système souterrain, une ten-» dance très marquée s'est accentuée pour entreprendre en viaduc les » lignes nouvelles. New-York possède un Métropolitain aérien qui » glisse sans bruit et qui fonctionnera sans fumée aussitôt que des » inventions récentes recevront leur application. Berlin possède éga-» lement un Métropolitain aérien et Vienne va entreprendre la cons-» truction d'un chemin de fer sur le même principe. »

C'est sous l'empire de ces idées que le rapporteur du Conseil rejette sur l'État, auteur du projet, « le soin et la charge de résoudre les » difficultés spéciales ».

Néanmoins, l'intervention de la Ville a constamment pour but de substituer le souterrain au viaduc.

L'État s'est donc *résigné* au choix de la Ville qui en garde la pleine responsabilité.

Le rapport note en passant les scrupules, les contradictions, les motifs d'inquiétude que met en lumière le rapporteur du Conseil qui déclare que « l'incertitude règne parmi les meilleurs esprits techniques ».

Les appréciations du Conseil général des ponts et chaussées ont fourni à M. Pradon quelques pages qu'il faut reproduire presque entièrement, car elles expliquent le rôle de la seule autorité technique dont l'influence aurait pu s'exercer utilement sur le projet.

« Le Conseil général des ponts et chaussées a fait du projet un exa-
» men peut-être un peu trop sommaire. Le rapport de l'inspecteur
» général, très complet et très bien ordonné quant aux détails de l'ex-
» posé, s'abstient généralement de discuter. L'on peut dire que s'il
» traite des difficultés de l'entreprise, de ses points particulièrement
» délicats, c'est par omission. Seul, M. le Directeur des chemins de fer
» présente au Conseil quelques observations, mais il en garde toute
» la responsabilité. Et il est trop évident que si M. l'Inspecteur géné-
» ral avait jugé qu'il pût se les approprier, elles eussent figuré dans
» son rapport et que le Conseil tout entier les eût faites siennes à son
» tour en adoptant les conclusions du rapport dont elles auraient
» formé l'argumentation.

» Sans doute, le Conseil est purement consultatif. Il n'a pas d'initia-
» tive à prendre. Il n'a pas d'arrêts à rendre. Il donne simplement
» son avis lorsque le Ministre le lui demande. Tout cela est parfaite-
» ment exact. Mais cet avis, une fois donné, subsiste sous la signa-
» ture et la responsabilité des membres du Conseil.

» L'assurance que la préparation technique d'un projet a été régu-
» lièrement et complètement faite, nous ne pouvons la tenir que des
» inspecteurs généraux qui composent le Conseil des ponts et chaus-
» sées et réunissent les conditions nécessaires à l'appréciation technique
» des grandes questions de travaux publics.

» Il importe que les avis du Conseil ne lui soient jamais dictés et
» qu'il sache que c'est pour lui un devoir d'honneur d'apprécier sans
» réserves ni restrictions les projets qui lui sont soumis.

» Aussi la Commission a-t-elle été surprise de l'affectation de silence
» du rapport et de l'avis du Conseil général, écartant toute allusion
» aux difficultés particulières et nouvelles de l'entreprise.

» Il était pourtant impossible de passer complètement sous silence
» des préoccupations si graves. Aussi en est-il fait mention dans
» les termes suivants au cours de la délibération du Conseil :
» Plusieurs membres rappellent que l'avant-projet soumis au Con-
» seil en 1883 était très sommaire et qu'il ne comportait, comme
» celui d'aujourd'hui, qu'un plan, un profil en long, une estima-
» tion succincte et un dessin indiquant les types des souterrains.
» M. l'Inspecteur général Fremaux, rapporteur, avait fait ressortir
» que ces documents étaient insuffisants pour que l'on pût se rendre
» un compte exact des difficultés d'exécution du Métropolitain, de la
» manière dont les stations seront établies, et des dispositions qu'il
» serait possible d'adopter pour éclairer, aérer et ventiler les souter-
» rains, mais il n'avait pas cru devoir s'arrêter à ces objections, et le
» Conseil a admis avec lui la possibilité de construire et d'exploiter
» les souterrains projetés malgré leur longueur. Mais on ne saurait se
» dissimuler que les dispositions projetées ont, au point de vue de l'ex-
» ploitation, de sérieux inconvénients... La ligne Nord-Sud se trou-

» vera construite entièrement en souterrain et son aération sera diffi-
» cile. Les fortes rampes projetées rendront l'exploitation pénible eu
» égard à l'humidité que l'on a à redouter, et la station de la Cité,
» enfouie à une grande profondeur, sera peu fréquentée... » Il y au-
» rait peut-être moyen d'atténuer ces inconvénients. « Mais les études
» faites ne sont pas suffisantes... Il convient aussi de définir les autres
» lignes à construire en termes assez généraux pour permettre les
» rectifications de détail dont les études ultérieures viendraient à faire
» reconnaître la nécessité. » Le Conseil s'associe à cette manière de voir.

» Ainsi les incertitudes sont les mêmes qu'en 1884. L'étude de la
» question n'a pas fait un pas. Au lieu de reproduire d'année en
» année son avant-projet que le Conseil d'aujourd'hui, comme celui
» de 1884, qualifie de *très sommaire*, ce qu'on peut bien traduire sans
» trahison par *trop sommaire*, étant donné surtout que le Métropoli-
» tain n'est pas un chemin comme les autres, avec des difficultés
» connues et des solutions également connues, l'Administration des
» travaux publics n'aurait-elle pas été mieux avisée en demandant le
» crédit nécessaire pour faire établir d'abord ces projets définitifs qui
» exigent des études préalables, longues et délicates ? Elle aurait
» mis à profit le temps qu'elle a perdu en démarches vaines. Elle
» aurait éclairé l'opinion, au lieu de la troubler et de l'inquiéter. Au-
» jourd'hui, tandis qu'elle a semblé parfois vouloir surprendre un
» blanc-seing, elle nous mettrait en face d'une affaire aux données
» précises sur laquelle nous n'aurions aucune répugnance à engager
» notre responsabilité. La demande de crédit préliminaire n'eût certai-
» nement été contestée par personne, car personne n'aurait osé pré-
» tendre qu'une entreprise de cette nature dût être acceptée ou rejetée
» au hasard. Peut-être est-il aujourd'hui trop tard pour recourir à cette
» procédure? Mais peut-on méconnaître qu'introduite plus tôt, elle aurait
» eu le double mérite d'abréger les délais et d'assurer le succès ?

» Nous disions que M. l'Inspecteur général Delocre s'était soigneu-
» sement abstenu d'émettre une opinion sur les conditions essentielles
» du projet. Il en laisse pourtant percer quelque chose dans son ex-
» posé du tracé. Il nous dit pourquoi le réseau primitif proposé par
» M. Baïhaut lui paraît supérieur au réseau de 1883 qui fut l'objet
» d'une enquête. « L'avantage principal que présente le nouveau réseau
» provient surtout de la combinaison adoptée pour le niveau de la
» plate-forme par rapport au niveau du sol ; tandis que le réseau sou-
» mis à l'enquête était en entier en souterrain, le nouveau réseau pré-
» sente 15 kilomètres sur viaduc, 5 en tranchée ouverte et 13 seule-
» ment en souterrain. » Et cela parce qu'« il comprend (en outre des
» lignes de l'ancien projet) une ligne partant de la gare Saint-Lazare
» et rejoignant la ligne circulaire près la gare du Nord, et la partie
» de cette ligne située entre la gare Saint-Lazare et le carrefour
» Drouot, combinée avec la ligne du carrefour Drouot à la Bastille,

» forme une grande ligne transversale s'étendant de la gare Saint-La-
» zare à la Bastille et se rapprochant beaucoup de la direction qui a
» toujours été reconnue comporter la circulation maximum ». Cette
» supériorité a disparu dans le projet définitif. La ligne de la gare
» Saint-Lazare à la gare du Nord devient souterraine. Nous ne re-
» trouvons plus, dans le dernier avant-projet qui porte la date du 11
» décembre, la ligne du carrefour Drouot à la Bastille. Où découvrir
» maintenant, dans le projet définitif, des motifs de satisfaction pour
» M. l'Inspecteur général ?

» Si le Conseil des ponts et chaussées paraît se dérober quelque
» peu, ce n'est assurément pas sa faute. Pouvait-il, à l'heure où on
» a jugé à propos de le consulter, alors que la responsabilité du Mi-
» nistre était engagée par le dépôt du projet, condamner l'initiative
» prise par le Gouvernement et lui préparer ainsi devant le Parlement
» un grave échec ? Non. La question n'était pas entière. La désappro-
» bation, dans le cas même où elle eût été justifiée par les convic-
» tions professionnelles, aurait toujours eu un faux air de révolte. Le
» Conseil a agi comme il le pouvait, comme il le devait. Le tort est
» tout entier au Ministre qui ne l'a pas consulté en temps utile. »

M. Pradon passe ensuite en revue tous les inconvénients de la solution souterraine adoptée. Il signale notamment :

Les pentes et rampes exagérées, les courbes de rayons trop faibles;

Les difficultés de l'aération des longs tunnels qui constituent un problème dont la solution devra être trouvée, vu la nécessité de combattre « la fumée, l'humidité, tout ce qui est malsain, malpropre, répugnant, si l'on veut faire prendre l'habitude du souterrain à la clientèle parisienne »;

Les dangers de l'exploitation dans des courbes où les signaux ne sont visibles qu'à faible distance, et sur des rampes où les trains, par suite de l'humidité, peuvent rester en détresse;

Les craintes d'éboulement des tunnels et leurs conséquences graves;

Les aléas et les difficultés de la construction dans un sous-sol où l'on rencontre la nappe d'eau souterraine de Paris, les égouts, les conduites d'eau, de gaz, etc., tout cela sans éviter les expropriations que nécessiteront les courbes et les stations;

La lenteur de l'exécution et les précautions qu'elle nécessitera, les accidents probables, les responsabilités qu'ils peuvent entraîner, l'interruption possible des travaux par autorité de justice;

Les dangers pour la santé publique qui résulteront de ces énormes travaux de terrassements;

Enfin la grosse question du passage sous la Seine que le Gouvernement a déclaré réserver, et à propos de laquelle le rapporteur cite les comptes rendus de notre Société pour tirer argument des conditions du passage sous la Mersey.

A la fin de cet exposé le rapporteur se défend de faire porter ses

critiques sur l'entreprise même du Métropolitain : « Elles visent, dit-il, » la conduite du Gouvernement qui a procédé comme si, pour venir » à bout des difficultés, le moyen le plus expédient était d'en parler » le moins possible. »

Passant ensuite à l'examen du projet de M. Haag, le rapporteur explique que la Commission n'a pu s'y rallier par les raisons suivantes :

« D'abord, s'il était possible de provoquer des amendements au » projet du Gouvernement, il eût été très grave pour une Commission » parlementaire de substituer, au projet régulièrement présenté sous sa » responsabilité par le ministre des Travaux publics, un projet entiè- » rement nouveau qui aurait eu au moins à subir l'épreuve de l'exa- » men technique par le service des ponts et chaussées. Votre Com- » mission ne pouvait qu'appeler l'attention de l'administration sur les » divers systèmes qui lui ont été présentés.

» Le projet Haag, d'ailleurs, ne supporte pas aisément les amende- » ments et les modifications. C'est un tout qu'il faut adopter ou reje- » ter en bloc. Un tracé soigneusement étudié met en rapport les » gares de chemin de fer, au moyen d'une quadruple voie établie sur » viaduc, a travers les quartiers du centre assainis et éclairés par » ces nouvelles grandes artères. La construction, pour être admissible » dans Paris, doit être mise en harmonie dans chaque quartier, soit » avec les perspectives à ménager, soit avec la physionomie des » constructions ambiantes. Si le viaduc n'est pas, en outre, dans » toute sa longueur une véritable œuvre d'art, il provoquera les cri- » tiques les plus vives et les plus justifiées. Paris ne supporterait pas » d'être enlaidi dans les grands quartiers par de lourdes arcades » comme celles du chemin de fer de Vincennes. L'auteur, qui le com- » prend, affirme que son œuvre tout entière est conçue dans un sen- » timent décoratif. »

M. Haag pourvoit par la combinaison suivante à l'exécution de son projet:

« L'étude des expropriations faite par des agents expérimentés (1) » sur des plans parcellaires à 2 millimètres par mètre, le conduit à » en évaluer le prix à 342 millions pour l'artère centrale et la ligne » de la rive gauche. Il cherche, à démontrer, par la comparaison avec » les expropriations effectuées dans le centre de Paris depuis dix ans, » que le prix moyen résultant de ses évaluations est supérieur à la » moyenne constatée dans ces opérations.

» La Ville qui, suivant l'auteur, jouit du privilège d'effectuer les » expropriations à meilleur compte qu'une Société particulière, serait » chargée d'exproprier la surface nécessaire pour le viaduc et ses » rues latérales, ou ses passages latéraux, suivant qu'elle en décide- » rait. La Compagnie à constituer, qui se chargerait seulement de la

(1) MM. De Royou, agent voyer en chef de la Ville de Paris, et Belem, agent des expropriations pour les Chemins de Ceinture et pour le Paris-Lyon-Méditerranée.

» superstructure et de l'exploitation, demanderait à l'État de lui fournir » à titre de subvention les travaux d'infrastructure évalués à 66 millions.

» Elle demanderait d'autre part aux Compagnies appelées à lancer » leurs trains sur le Métropolitain, et à en constituer exclusivement » le trafic, une garantie de péage lui permettant de garantir à son » tour à la Ville une annuité qui gagerait l'emprunt municipal des- » tiné à couvrir les dépenses d'expropriation. »

La Ville effectuerait ainsi sans débours l'importante opération de voirie qu'on lui demande.

Mais pouvant profiter de ces opérations pour donner de l'air et de la lumière aux vieux quartiers qui déshonorent encore sa partie centrale, elle n'a pas été sérieusement tentée.

D'autre part, les grandes Compagnies ne sont pas populaires à Paris par suite d'une sorte d'incompatibilité entre les besoins des services de banlieue et les grandes nécessités des services nationaux ; aussi la Ville semble-t-elle aspirer à la création d'un service de banlieue indépendant.

L'auteur passe ensuite à *l'examen des intérêts généraux et stratégiques* invoqués dans la question. L'intérêt général d'une ligne sur laquelle « on a pensé qu'on ne devait pas encourager le transport des bagages » paraît problématique ; quant à l'intérêt stratégique, une note du ministère de la Guerre permet difficilement de l'invoquer.

« Le Métropolitain tel qu'il est proposé ne pourra pas recevoir les » trains militaires », dit cette note et le rapporteur ajoute : « Si nous » arrêtions là notre citation, M. Haag pourrait en triompher » ; mais l'opinion développée ensuite est que le Métropolitain ne peut jouer aucun rôle, ni pour les transports d'isolés, ni pour les transports de concentration, pour lesquels on a toujours cherché à éviter Paris et à suivre les lignes les plus courtes, ni même pour les mouvements tactiques de la défense de Paris pour lesquels le chemin de Ceinture est jugé suffisant.

Pour ces raisons le ministre de la Guerre se désintéresse complètement du Métropolitain qui, à son point de vue, répond à des besoins d'ordre purement civil.

Les propositions de la Compagnie des omnibus n'ont pas arrêté la Commission qui a jugé que cette Compagnie eût mieux fait de ne pas attendre que la question du Métropolitain fût soulevée pour apporter à ses services les améliorations qu'elle propose aujourd'hui et qui, pouvant se combiner encore avec le réseau métropolitain, ne peuvent espérer se substituer à lui.

Passant ensuite à *la question financière*, l'auteur explique ainsi le rôle de la Commission :

« Si donc votre Commission n'a pu que donner son adhésion à l'avant- » projet du Gouvernement, déjà approuvé et par les conseils techniques

» et par les conseils locaux, elle n'a pu se résoudre, sur un projet, » de l'avis de tous insuffisamment étudié, le plus aléatoire dans sa » construction et dans son exploitation de tous les projets de chemins » de fer, à engager sans réserve et sans précaution la responsabilité » du Trésor. »

Le projet primitif, on l'a vu, faisait porter la garantie de l'État sur le montant total du capital de premier établissement, quel qu'il dût être ; la Commission a cru devoir limiter le chiffre du capital garanti au montant du devis de l'avant-projet.

Les causes de cette détermination se trouvent dans les aléas inhérents à l'entreprise entière et notamment à l'opération de la rue Réaumur que l'on a pu évaluer à plus du double du chiffre prévu, à la gare de l'Opéra et aux risques que présente chaque détail du projet.

Cette garantie a été fixée à 4 0/0 sur un capital de 220,000,000 dont 65,000,000 à souscrire en actions. Ce sont ces 65,000,000 d'actions qui supporteront la différence entre le coût réel des travaux et les évaluations du devis, l'État n'ayant pas à connaître les dépassements, qui restent au risque du concessionnaire dont les 65,000,000 d'actions forment ce que l'on a appelé *le cautionnement*. Sur ce cautionnement pèseront toutes les insuffisances d'évaluations, et il est bien entendu que si, après avoir employé les 65,000,000 d'actions et les 220 millions d'obligations que peut gager l'annuité de 8,800,000 francs, la Compagnie concessionnaire ne pouvait remplir ses engagements, « ce serait alors » pour l'État un devoir absolu, une nécessité de justice envers les con- » tribuables, plus intéressants encore que les actionnaires et même » les obligataires de n'importe quelle entreprise, de poursuivre sans » délai, avec la dernière rigueur, la déchéance de la Compagnie, sans » distinguer si cette Compagnie avait accepté des évaluations mal établies » ou si dans l'exécution elle avait, par son fait ou par sa faute, grossi » les dépenses au delà du nécessaire. Sur ces différents points, votre » rapporteur s'est efforcé de bien mettre en lumière le système de votre » Commission. »

L'auteur dit ensuite un mot de *l'attitude du Gouvernement* et après avoir opposé à la rigidité de M. Baïhaut, qui se montrait l'adversaire de toute modification à son projet, la déférence de M. Millaud pour les désirs de la Commission, il passe à l'étude de *l'intervention et du rôle des grandes Compagnies*.

Il rappelle que M. Haag le premier eut l'idée d'associer les Compagnies à la réalisation du Métropolitain, par un engagement de trafic d'apport résultant du prolongement de leurs trains sur les lignes métropolitaines.

Le Gouvernement fit son profit de cette ingénieuse combinaison et le péage garanti fut fixé à 5 millions pour le 1er réseau comportant la jonction, par viaduc, de la gare du Nord à la gare Saint-Lazare et à

7 millions pour le réseau total comprenant le viaduc carrefour Drouot-Bastille.

Le premier chiffre fut maintenu après les modifications de tracé. « Ces prévisions sont-elles fondées et ne faut-il pas d'abord, comme » premier élément de notre recherche, s'assurer que les voyageurs » dépasseront les gares d'arrivée dans les mêmes voitures, sans déplacement? N'est-il pas certain qu'un transbordement ne laisserait pas » subsister grand'chose de l'attraction sur laquelle nous comptous? » Cela est d'autant plus à craindre que les raccordements rattachent, » bien en arrière de la plupart des grandes gares, les lignes métropolitaines aux grandes lignes et que cette question de changements » et de transbordements se trouve ainsi compliquée de difficultés et » d'incommodités nouvelles.

» Ces préoccupations ont été exprimées au cours des délibérations » de votre Commission. Elles ont fait, au dehors, l'objet d'un grand » nombre de publications. Notre collègue, M. Lesguillier, nous a net» tement exprimé la crainte que les grands trains de voyageurs, » express, rapides, etc., ne pussent emprunter les rails du Métropoli» tain pour arriver aux stations du centre. Le bruit s'est répandu que » cette opinion d'un ingénieur compétent était celle des Compagnies, » peut-être à l'exception de la Compagnie du Nord, qui se trouve » particulièrement favorisée.

» C'est, en effet, la grande gare du Nord qui est réellement le centre » d'exploitation du Métropolitain. Là sont les dépôts. Là se concentre » le matériel. Tout en part. Tout y revient. Une convention particu» lière, dont on a vu l'analyse plus haut, fait profiter le Métropolitain, » moyennant redevance, de toutes les installations dn Nord. »

Le Métropolitain, ainsi rattaché au Nord, aura ses mouvements moins libres. Sa gestion gagnerait à être plus indépendante, plus appliquée à ses seuls intérêts.

L'opinion publique a été frappée de cette situation prépondérante faite au Nord, et le rapporteur cite à ce propos, sans en accepter la responsabilité, un Mémoire de MM. Vauthier et Deligny qui s'expriment ainsi :

« Tous les trains peuvent partir du Nord directement et y revenir » après les trajets les plus variés, non seulement sur le Métropolitain, » mais sur Auteuil et le chemin de Ceinture... Le service sera cen» tralisé au Nord et par le Nord seul.

» Le Nord fournira les remisages, les ateliers, es voies de compo» sition et de décomposition des trains ; il fournira les wagons, les » machines...

» Le Nord fournira le personnel de haute direction ; il sera le » maître, le seul maître de l'exploitation. *Le personnel de cette Com» pagnie a conçu les dispositions du projet, a fait dessiner, imprimer,*

» *distribuer les plans.* Cela n'est plus un mystère pour personne ; les » plans eux-mêmes le disent hautement. *Ce personnel a rédigé les con-* » *ventions. Le ministre les a reçues de son directeur, qui les tenait lui-* » *même de la haute volonté qui commande rue de Dunkerque...* »

Le rapporteur ajoute :

« Nous avons dû reproduire ce passage. Sa violence montre bien » l'effet produit, par cette collaboration un peu intime du Nord avec le » Métropolitain, sur l'opinion soucieuse avant tout de prévenir toute » mainmise des grandes Compagnies ou de l'une quelconque d'entre » elles sur la Compagnie nouvelle. »

Les charges acceptées par les Compagnies retombant sur l'État par le jeu de la garantie, il y avait lieu de se demander si le chiffre prévu pour le trafic d'apport devait être réellement atteint dans l'exploitation du Métropolitain.

« C'est pourquoi le Ministre des Travaux publics s'était mis d'ac- » cord avec votre rapporteur sur la nécessité d'obtenir des Compa- » gnies communication des calculs ayant abouti à la prévision du » péage minimum de 5 millions et, subsidiairement, l'appréciation de » l'avant-projet par chaque Compagnie au point de vue du prolonge- » ment de ses trains et eu égard aux conditions et aux pratiques de » son exploitation normale. Ces documents furent, en effet, réclamés. »

La réponse des Compagnies est caractéristique. Après avoir exposé qu'elles ont cru devoir répondre à l'appel que le Gouvernement faisait à leur bonne volonté, elles ajoutent :

« Après de longues et laborieuses discussions, les Compagnies ont » accepté solidairement que le minimum fût fixé à 5 millions, quoi- » qu'elles ne se dissimulassent pas que, malgré tous leurs efforts et » toute leur bonne volonté, il leur serait difficile, pour ne pas dire » impossible, au moins pendant longtemps, d'atteindre ce résultat et, » dans le même esprit, elles ont ensuite consenti à maintenir ce » chiffre, malgré la réduction du capital à dépenser résultant des modi- » fications apportées au projet primitif. »

L'auteur du rapport observe, à ce propos, que les protestations de bonne volonté ne coûtent rien, et que si les Compagnies ont pris un engagement contraire à leurs intérêts, c'est, en somme, l'État qui en pâtira, l'État à qui la garantie coûte, cette année, 63,500,000 francs.

La réponse se termine ainsi :

« En ce qui concerne le second point, les Compagnies ont le désir » d'amener dans les gares du Métropolitain la plus grande partie, » sinon la totalité, de leurs trains de grande banlieue ou de grande » ligne. Mais il est impossible de désigner, en ce moment, les trains » pour lesquels elles emploieront les rails du Métropolitain. Ce choix » résultera de circonstances multiples et très diverses, parmi lesquelles

» on peut citer : l'attraction que les diverses lignes du Métropolitain » exerceront sur la clientèle des Compagnies et que l'expérience seule » pourra préciser; les besoins propres de chaque Compagnie et qu'il » faudra concilier entre eux, etc., etc.

» On peut prévoir que la clientèle des Compagnies usera largement » du Métropolitain, et, comme le Métropolitain, avec ses trois gares » à bagages, peut et *doit (conformément aux prévisions de la convention) être construit de manière à assurer le prolongement des trains ordinaires des Compagnies*, il est certain qu'une grande partie des » trains des Compagnies emploieront les rails du Métropolitain, mais il » est impossible de donner, quant à présent, des chiffres un peu » précis. On comprend d'ailleurs facilement que les Compagnies, dont » l'entente est nécessaire pour porter à son maximum le trafic d'apport, ne peuvent donner de renseignements isolés particuliers à » chaque Compagnie. »

Il est utile de reproduire en entier l'appréciation que fait le rapporteur de cette réponse des Compagnies :

« Nous demandions », dit-il, « aux Compagnies si leur exploitation normale s'accordait avec les conditions de notre avant-projet : rampes, » courbes, etc. Les données étaient précises, la réponse pouvait et » devait être nette et catégorique. Les Compagnies répondent à des » questions que nous n'avions point songé à leur poser sur leurs » désirs, sur leurs convenances, sur l'attraction que pourra bien » exercer le Métropolitain. Reste la phrase qui commence par « on » peut prévoir » et de laquelle il est impossible de faire sortir autre » chose que la volonté assez clairement exprimée de se prévaloir, le » cas échéant, de l'engagement pris vis-à-vis d'elles de construire le » Métropolitain « de manière à assurer le prolongement des trains ordinaires des Compagnies ». On comprend, d'ailleurs, difficilement comment des renseignements particuliers fournis par chaque Compagnie » sur ses règles d'exploitation appliquées à notre avant-projet, pourraient faire obstacle à l'entente en vue d'arriver au maximum » possible du trafic d'apport !

» Votre rapporteur, toujours d'accord avec le Ministre des Travaux publics, a renouvelé sa question en la précisant encore. Il ne » nous a été fait, à ce jour, de réponse d'aucune espèce. Évidemment, nous n'aurions pas eu à redouter ce mutisme, s'il n'y avait » incompatibilité plus ou moins complète entre les conditions d'exploitation des grandes lignes et les conditions d'établissement du » Métropolitain d'après l'avant-projet. Tous les doutes subsistent; » bien plus, toutes les défiances sont ainsi justifiées.....

» Tous les menus obstacles peuvent être surmontés; mais à quoi » bon, si les voyageurs doivent quitter leur train d'arrivée pour passer » sur le Métropolitain ? Un grand nombre d'entre eux, ceux-là surtout » qui sont embarrassés de bagages, seront portés à emprunter de

» suite le mode de locomotion qui les conduira directement et d'une » traite jusqu'au point précis de leur destination. Le résultat inévi- » table, prévu d'ailleurs et annoncé par les Compagnies, c'est que de » leurs 58 à 60 millions de voyageurs il sera, pendant longtemps, im- » possible d'attirer la quantité nécessaire au minimum de péage. »

Nous passons sous silence les calculs auxquels se livre le rapporteur pour déterminer, dans les différentes hypothèses qui peuvent être faites, quelles seront les charges respectives des Compagnies, de la Ville et de l'État.

Le paragraphe suivant, traitant de *la contribution de la Ville de Paris*, agite plus particulièrement la question financière; malgré son intérêt, il y a lieu de passer rapidement.

Le rapporteur ne rencontre pas, dans le réseau projeté, le caractère d'intérêt général que l'on a invoqué pour lui.

« S'il s'agissait du Métropolitain stratégique de Berlin ou même du » Métropolitain conçu pour Paris par M. Haag, à la bonne heure ! Mais » on a vu plus haut la déclaration du ministère de la Guerre et tous les » témoignages desquels il résulte clairement que nous avons exclusive- » ment en vue les déplacements dans Paris. . . . . .

» Mais objectera-t-on peut-être, si les grandes Compagnies font courir » leurs trains sur les rails du Métropolitain, ne devient-il pas, par le » fait même, un prolongement des diverses grandes lignes, participant » de tous leurs caractères, plus général qu'aucune d'elles, puisque les » réunissant toutes, les soudant les unes aux autres, il est le nœud des » chemins de fer français ?. . . . . .

» Il suffit, pour répondre, de distinguer entre la conception du Gou- » vernement et celle de M. Haag. Cet ingénieur, nous l'avons dit, vou- » lait joindre les gares par un viaduc à quatre voies continuant les » grandes lignes dans les conditions normales de leur construction et » de leur exploitation.

» Mais son système a été écarté et notre chemin ressemble si peu à » ce grand chemin central que, suivant une déclaration citée plus haut » du directeur des chemins de fer, nous y redoutons l'embarras des » bagages comme pour un simple tramway. »

Énumérant ensuite tous les intérêts invoqués pour justifier la création d'un Métropolitain, l'auteur conclut « qu'il n'est pas un seul de tous ces » intérêts qui ne soit étroitement, exclusivement urbain, parisien, c'est- » à-dire local (autant que peut être local un intérêt parisien) ! D'où la » nécessité du concours demandé à la Ville par le Gouvernement. »

Ce concours, la Ville en l'accordant, « le mesure partout avec un » soin méticuleux aux additions ou aux aggravations de dépense qui » vont résulter des désirs exprimés par la Ville. Elle ne s'en cache » pas.

» Au point de vue de la quotité, dit expressément M. Lefebvre-Ron-

» cier, le rapporteur du Conseil municipal, nous avons calculé celle
» qui correspondrait le plus strictement possible aux avantages obte-
» nus de l'État par le Conseil, dans l'intérêt plus exclusivement muni-
» cipal.

» C'est ainsi que l'annuité de 1,275,000 francs correspond à l'expro-
» priation de la rue Réaumur, évaluée à 30,000,000 capitalisés à 4 0/0
» amortissement compris. »

Le rapporteur, faisant ici allusion aux chiffres de la déposition de M. Haag et aux mécomptes rencontrés dans l'opération de la Bourse de commerce, émet l'avis qu'une combinaison qui allégerait le projet de cette aventureuse opération écarterait bien des répugnances. La Commission qui l'avait souhaité n'a pu l'obtenir.

Néanmoins, en cédant sur ce point, elle n'a pu accepter ni dans leur texte ni dans leur esprit les stipulations de la Ville. Elle a observé qu'il ne s'agit que de risques éventuels que la Ville peut apprécier mieux que qui que ce soit et que « si l'entreprise est mauvaise, mieux » vaut la répudier que de l'encourager à demi. Si l'affaire est bonne, » il faut prouver sa confiance par des actes afin de faire passer cette » confiance dans l'esprit du public. Il est de bon sens qu'en cette » affaire, l'État lui-même ne peut que mesurer sa confiance et ses » sacrifices à la confiance et aux sacrifices de la Ville. »

La Commission a donc fixé la contribution de la Ville telle qu'elle figure au projet et telle que le Gouvernement s'est engagé à mettre le Conseil municipal en demeure de l'accepter.

La construction par l'État et la concession sans adjudication font l'objet du paragraphe suivant.

La Commission, on l'a vu, a obtenu du Gouvernement les modifications de l'avant-projet qui réduisent la dépense, la limitation de la garantie, l'augmentation proportionnelle du capital-actions.

« Les satisfactions mêmes qui lui ont été données, sur ces divers » points, montrent que l'Administration des travaux publics n'avait » pas mûri suffisamment ses projets avant de les déposer, et qu'elle » n'avait pas assez fait pour la défense des intérêts de l'État, soit vis- » à-vis du concessionnaire, soit vis-à-vis de la Ville de Paris.

» Est-ce à dire que le dernier arrangement ne laisse plus rien à » désirer ni à espérer ?

» Votre Commission aurait voulu en acquérir la certitude. Elle a » en vain pressé le Gouvernement d'examiner les offres annoncées par » deux groupes de demandeurs en concession : 1° la Compagnie des » Omnibus, et 2° MM. Vauthier et Deligny, assistés du Comptoir d'Es- » compte. Les uns et les autres, après avoir exposé et défendu leur » système devant votre Commission, offraient de se charger, au besoin, » de la réalisation du système qui vous est soumis et de faire des » conditions meilleures. Le Gouvernement s'est refusé à toute espèce

» d'examen. Il a jugé que son contrat le liait au concessionnaire et » que, seule, une décision de la Chambre pourrait le dégager.

» D'ailleurs, il a, en toute occasion, affirmé les avantages d'une » combinaison qui le mettait en face d'un financier attaché, par sa » situation même, au gouvernement de la République, présentant à » tous égards toutes les sûretés possibles. Et de fait, il faut une robuste » confiance dans l'Administration pour se mettre à sa merci, si bien » qu'au cas où la construction, laissée sans réserve au soin et à l'arbi- » traire de cette administration, viendrait, par son fait ou par sa faute, » à coûter le double de la somme prévue et garantie, le concessionnaire » pourrait, après la perte totale du capital-actions, encourir la » déchéance, se voir purement et simplement évincé, et n'aurait pas le » droit de se plaindre d'être chassé par celui-là même qui l'aurait » ruiné ! »

Le Ministre, toutefois, devra tenir la main à ce que les ingénieurs dans la construction restent plutôt en dessous des dépenses pour éviter toute contestation ; mais alors que devient l'avantage pour l'Administration de construire elle-même si elle doit faire passer l'économie avant tout? Comment ferait-elle mieux et plus vite ?

La fraude ne serait pas à craindre d'une Compagnie qui construirait pour exploiter elle-même; la rapidité du travail s'obtiendrait aussi bien des Compagnies que de l'État ; les intérêts des tiers peuvent être aussi bien sauvegardés.

Le pouvoir abandonné à l'ingénieur des travaux pourra coûter des sommes énormes à la Compagnie ; et quelles relations s'établiront entre celui-ci et celle-là ?

« La Commission compte sur la prudence du Gouvernement pour » échapper aux dangers de la combinaison adoptée, et notamment » pour mettre en présence du concessionnaire d'autres agents que ceux » qui, quel que soit leur mérite, auraient eu part à la négociation d'un » contrat condamné par l'honorable Ministre des Travaux publics sur » les observations de votre Commission, et heureusement modifié à » l'avantage de l'État et au désavantage du concessionnaire. »

Quelles sont maintenant les garanties morales que l'État peut trouver dans la personne du concessionnaire et dans sa situation de gouverneur du Crédit Foncier ?

La personne de M. Chistophle étant mise hors de cause, la Commission avait pensé que l'interposition d'un agent financier entre elle et la Société à constituer n'était pas nécessaire. Elle y voyait le moyen de décourager les initiatives financières, les efforts de concurrence.

Si l'adjudication, qui est le principe en pareille matière, est difficile ici, faut-il fermer la porte à toute proposition autre que celle à laquelle on s'est arrêté ? Ne convient-il pas de comparer au premier projet les offres des concurrents et d'obtenir ainsi l'équivalent de l'adjudication ?

Voilà pourquoi la Commission avait pris en considération un amendement tendant à substituer à la concession ferme une adjudication restreinte.

« Votre Commission a eu le regret de constater que le Gouverne-
» ment n'avait pas tenu compte de sa décision. Pour la déterminer à
» n'y point persister, il a fallu cette nécessité d'en finir avec la ques-
» tion de la construction du Métropolitain qui tient en suspens tant de
» graves intérêts et peut créer entre les pouvoirs publics et certains
» milieux de la population parisienne des malentendus toujours fâcheux.
» Il faut enfin venir à la discussion publique. C'est pour cela que votre
» Commission, favorable en principe à la déclaration d'utilité publique,
» *se résigne* à présenter tel qu'il résulte de ses accords avec l'Adminis-
» tration un projet qu'elle a déjà beaucoup amélioré et qui aurait peut-
» être été susceptible d'améliorations nouvelles. »

Un dernier paragraphe enfin est destiné à fournir l'explication de *ce qu'a voulu faire et de ce qu'a fait la Commission.*

Le rapporteur la justifie d'abord de la responsabilité des retards que l'on voulait faire peser sur elle, et prouve que ces retards sont imputables au Gouvernement.

Il montre ensuite son intention bien établie, par le choix même du rapporteur, de fixer dans le rapport toutes les inquiétudes qui l'ont assiégée.

« Votre Commission a pensé, dès la première heure, qu'une affaire
» si considérable ne pouvait être établie sur des équivoques. Elle en-
» tend persister jusqu'au bout dans sa première attitude. Elle veut par
» ce précédent déterminer pour l'État, dans ces contrats difficiles et
» parfois suivis de si graves conséquences, une attitude faite à la fois
» de dignité et de prévoyance.

» Elle ne croit pas qu'un peu de sévérité soit hors de propos dans
» cette confusion de nos affaires de travaux publics, qui fait que Par-
» lement et Administration rejettent l'un sur l'autre la responsabilité
» d'engagements certains qu'il faudra remplir, puisqu'ils ont été pris,
» et qui ont peut-être été pris un peu à la légère, puisque chacun s'ef-
» force d'en dégager sa responsabilité dans des débats qui, malgré leur
» éclat oratoire, ne sont faits pour grandir dans le pays ni le crédit
» du Parlement, ni l'autorité de l'Administration.

» Elle entend que dès aujourd'hui l'on s'efforce d'envisager tout ce
» que peuvent contenir de risques et de conséquences nos engagements
» actuels.

» Elle a dû recourir au forfait pour suppléer au défaut de clarté. Il
» faut qu'elle le dise et qu'elle le prouve. Si l'on venait à objecter
» que tant de lumière n'aidera pas le concessionnaire à trouver des
» souscripteurs, nous répondrions que le rapport d'une grande Com-
» mission ne saurait avoir toutes les qualités d'un prospectus finan-

» cier. L'honnêteté s'impose à tous, mais elle est particulièrement pré-
» voyante chez un Gouvernement qui, trop souvent, après avoir réparé
» ses torts et ses fautes, a poussé la condescendance jusqu'à réparer
» les torts et les fautes de ceux avec qui il avait contracté et qui
» ont su émouvoir sa pitié. Nous exigeons que personne ne puisse
» être trompé, ni même séduit, pour éviter que l'État, c'est-à-dire le
» contribuable, n'ait une fois de plus à payer pour tout le monde. »

Après avoir ainsi justifié ses précautions et mis en lumière les conséquences de l'entreprise, la Commission a été entraînée à adhérer à son exécution par l'intérêt passionné pour la population laborieuse de la capitale, par l'orgueil de maintenir Paris au rang sinon en avant des autres capitales.

L'œuvre l'a intéressée par son but essentiellement démocratique. Dans les milieux de vie aisée on discute les systèmes, dans les milieux populaires on s'impatiente.

« Sans doute, ces désirs respectables sont enfiévrés, grâce à la pu-
» blicité parfois peu scrupuleuse organisée par les gens d'affaires qu'at-
» tire naturellement la mise en œuvre d'une somme de 220 millions.
» Il faut n'être pas dupe de ces tristes procédés. Mais il ne faudrait
» pas non plus se tromper sur les sentiments de la population pari-
» sienne qui, réellement, appelle de ses vœux le Métropolitain et qui
» compte, pour ce nouveau bienfait, sur la sollicitude plus d'une fois
» éprouvée du Gouvernement de la République. »

En conséquence la Commission propose à la Chambre l'adoption du projet de loi dont le texte a été livré à la publicité.

Tel est, dans ses lignes principales, le beau rapport de M. Pradon.

L'analyse écourtée que nous avons essayé d'en faire ne donne qu'une idée bien incomplète d'un travail qui, avec ses annexes, comporte plus de 300 pages.

Telle qu'elle est néanmoins, nous espérons, qu'elle permettra d'apprécier un document où cette question si complexe est élucidée avec une grande puissance d'analyse mise au service d'un énergique désir de découvrir et de dire toute la vérité et de sauvegarder avant tout les intérêts de la chose publique.

Après avoir rendu à l'auteur le juste hommage qui lui est dû, nous croyons que, dans une circonstance pareille, notre Société a le devoir de faire entendre sa voix.

On a vu comment et pourquoi le Conseil général des ponts et chaussées et les grandes Compagnies ont cru devoir s'abstenir de donner leur avis sur le projet. La Société des Ingénieurs Civils, à qui le rapport de M. Pradon fournit l'occasion d'une discussion approfondie de ce projet, n'a, elle, aucun motif pour se taire, et doit trouver dans ce silence même une raison de plus pour parler.

Sans doute, nos statuts nous interdisent toute expression officielle d'un avis collectif ; mais, pour se produire isolément, les opinions individuelles ne perdent pas toute valeur et peut-être quelque membre du Parlement, inquiet de l'abstention de ses autorités techniques ordinaires, et se demandant s'il peut appuyer de son vote le projet qui lui est soumis, viendra-t-il chercher dans les Bulletins de notre Société la réponse à cette question.

M. LE PRÉSIDENT dit que, grâce au dévouement de M. Regnard, la Société connaît par une analyse aussi lucide que substantielle l'important travail présenté par l'honorable M. Pradon au nom de la Commission du Métropolitain. Ce rapport constitue un travail de la plus haute importance. La Société voudra sans doute reprendre à l'aide de ce document l'étude de la question.

MM. Chennevière et Lévy Paul ont été admis membres sociétaires, et M. Marc comme membre associé.

La séance est levée à onze heures un quart.

DEUXIÈME MÉMOIRE

SUR LE LAURIUM

PAR M. ALFRED HUET

Le Laurium en 1885.

ALLURE GÉNÉRALE. — Ce que nous avons exposé dans notre premier Mémoire, *le Laurium en 1878* (1), relativement à la disposition des couches superposées, ne paraît pas devoir être modifié. Les nouvelles observations faites depuis cette époque nous apportent seulement un supplément d'informations.

Dans ce premier Mémoire, nous disions qu'il serait intéressant et même fort utile de savoir si le calcaire inférieur, auquel on s'était alors arrêté comme mur du troisième contact, reposait sur une nouvelle couche de schiste, ou s'il était soutenu par un *terrain mort*, c'est-à-dire mettant fin aux dépôts métallifères. Cette indécision nous semble aujourd'hui avoir pris fin ; il y a peu d'espoir de rencontrer un *quatrième contact* à mur schisteux.

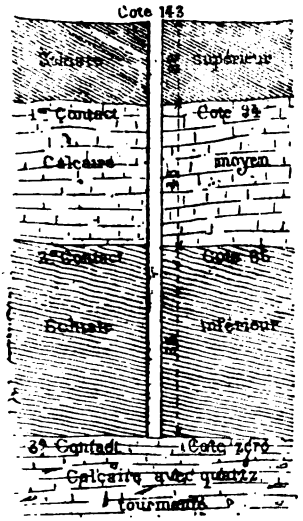
En effet, vers le nord des concessions, dans la région dite de *Dimoliaki*, le puits n° 7 ou *Constantin*, dont l'orifice est à la cote 143 dans le schiste supérieur, a franchi 29 mètres de ce schiste pour arriver au *premier contact*, à la cote 114, puis 49 mètres de calcaire moyen jusqu'au *deuxième contact*, à la cote 65, et enfin 65 mètres de schiste inférieur pour rencontrer à la cote 0 le *troisième contact*

(1) En 1880, la Société des Ingénieurs civils de France a décerné à ce mémoire la médaille d'or du prix annuel de 1879.

Voir ce premier Mémoire aux pages 261 et 731 des Mémoires et Comptes rendus de l'année 1879.

stérile sur un calcaire disloqué, de faciès spécial avec couche de quartz d'une puissance de 0m,70 environ.

PUITS CONSTANTIN



Un peu plus au nord du puits *Constantin*, mais dans son voisinage, et près du *ravin de Plaka*, plusieurs puits de l'époque ancienne ont été déblayés. Là aussi, on a pu reconnaître que le calcaire inférieur est très fortement disloqué ; en certains points, il repose sur le granit, en d'autres, il a disparu. Le schiste inférieur, qui forme le toit de ce contact, a été lui-même très nettement modifié par une nouvelle action métamorphique ; c'est au point que, le prenant pour une roche nouvelle, on l'avait au début désigné sous le nom spécial de *Plakite*.

Sur la rive gauche du *ravin Plaka*, des travaux ont été ouverts dans un vaste dépôt de fer plombeux, enclavé entre le calcaire moyen et le schiste inférieur. Celui-ci se présente dans presque toute sa masse avec l'aspect du double métamorphisme déjà cité plus haut. Cette particularité peut laisser supposer qu'au-dessous de ce schiste apparaîtra sans doute le granit.

Ces diverses observations nous autorisent à conclure que le calcaire inférieur repose sur le granit ou *terrain mort* et qu'il n'y a pas d'espoir de rencontrer un nouveau contact minéralisé.

Les dépôts métallifères se trouvant limités en profondeur, examinons leur mode de répartition dans les parties hautes.

ZONES MINÉRALES. — L'ensemble de la surface du Laurium peut être divisé en zones caractérisées chacune par la présence d'un minerai spécial. Mais ce qui frappe le plus l'observateur et appelle immédiatement l'attention du mineur, c'est la prédominance du fer partout ; celui-ci a toujours, et quel que soit le rôle qu'il ait à remplir, une importance exceptionnelle sur laquelle il importe d'attirer l'attention.

Au nord, de Keratea au ravin Plaka, le fer est le seul véritable

minerai de la région. On l'y rencontre en abondance soit comme fer manganésifère, soit comme fer proprement dit. Aussi des exploitations considérables y ont-elles été ouvertes avec la certitude d'une longue et importante extraction. La Compagnie française des mines du Laurium possède les plus beaux de ces gisements, dont elle pourra tirer profit pendant de longues années.

Puis, à mesure que l'on s'avance vers le sud, la pureté de ces minerais diminue peu à peu ; le manganèse disparaît d'abord, et plus loin on voit le fer se charger plus ou moins de plomb argentifère et de zinc. Nous appellerons ZONE FERRUGINEUSE cette zone si bien caractérisée qui va de Keratea au ravin de Plaka.

Au delà du ravin Plaka, le fer perd son importance commerciale; son rôle change sans cependant diminuer. S'il cesse de constituer un minerai marchand, il devient, par contre, un guide certain pour le mineur, auquel il fournit les indications les plus précises, soit en le dirigeant vers des amas riches en plomb argentifère, amas fructueux et constituant de riches réserves pour l'avenir, soit en le conduisant vers les dépôts de zinc entre lesquels il forme de véritables traits d'union.

Ce rôle particulier du fer s'étend d'ailleurs bien au delà du Laurium; car, dans les îles de l'Archipel grec où se prolongent les terrains métallifères du Laurium, on trouve encore le fer accompagnant tous les gisements connus de plomb et de calamine.

A partir du ravin Plaka et se dirigeant vers le sud, on pénètre dans la partie centrale des concessions de la Compagnie française; c'est la partie actuellement la mieux connue ; elle est très intéressante au point de vue des traces profondes qu'y ont laissées les phénomènes géologiques. Elle se différencie des autres régions par un gisement de contact très riche en minerais sulfurés et par des échantillons remarquables de divers minerais de plomb, de zinc et cuivre. Nous la désignerons sous le nom de ZONE CENTRALE ou DEUXIÈME ZONE.

Au nord-est de ce plateau central, en descendant à l'est vers la mer, par la vallée dite de *Mercati*, sur le flanc oriental du Ripari, on pénètre dans une région caractérisée par les faciès de ses gisements métallifères de plomb argentifère et ferrugineux, et de cette belle calamine blanche, que nous avons déjà signalée dans notre premier mémoire. C'est la TROISIÈME ZONE, dite de MERCATI.

Enfin la partie sud des concessions constitue une QUATRIÈME ZONF, dite du SUD, qui comprend les régions désignées sous les dénominations de *plateau Berzéco, vallée Noria, Agrilesa.* Elle est caractérisée par la présence de la silice et du spath fluor.

Nous allons maintenant examiner chacune de ces zones dans ses détails particuliers.

PREMIÈRE ZONE, OU ZONE FERRUGINEUSE. — Cette zone n'offre, au point de vue géologique et jusqu'à présent, rien de spécial à signaler. Ses gisements sont, comme partout ailleurs, d'immenses dépôts enclavés dans le calcaire, et leur extraction peut être développée autant qu'on le voudra selon les besoins de l'industrie. Ce sont, comme nous l'avons déjà dit, de puissants amas de fer manganésé, de fer sec ou de fer plombeux, dont la teneur en plomb est de 8 °/₀ environ avec 1 kilogr. d'argent à la tonne de plomb. Ces derniers dépôts sont, pour ainsi dire, inépuisables et peuvent fournir pour le traitement des minerais de plomb un précieux fondant.

Des types de ce mode de gisement sont représentés par les deux

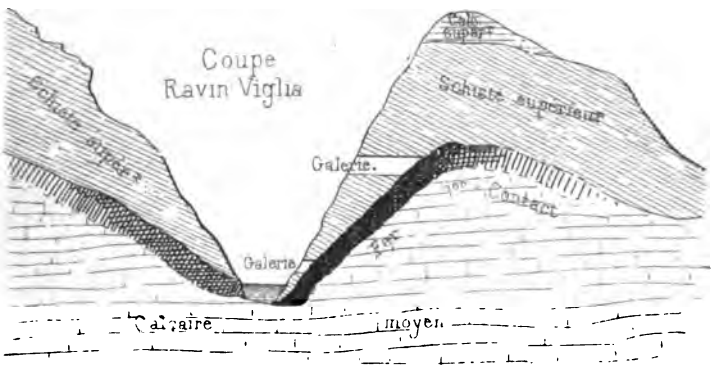


FIG. 2.

croquis ci-joints, pris, l'un au ravin de *Viglia*, l'autre au ravin de *Plaka.* C'est à la suite de travaux au ravin de *Plaka*, dans la couche du deuxième contact, que le schiste se présente avec cet aspect de double métamorphisme que nous avons déjà mentionné.

DEUXIÈME ZONE OU ZONE CENTRALE. — La zone centrale comprend tout le plateau de Camaresa, et se prolonge au sud jusqu'aux affleurements du calcaire inférieur. Elle est limitée : à l'ouest

par la ligne de démarcation des concessions, à l'est par la mer, vers laquelle elle descend entre la vallée *Mercati* et la vallée *Espérance*, au sud par le thalweg de la vallée dite du *Four-à-chaux*, au versant nord du plateau *Berzéco*.

C'est la région du Laurium la plus étudiée et la mieux connue; c'est elle, en effet, qui a immédiatement appelé l'attention des

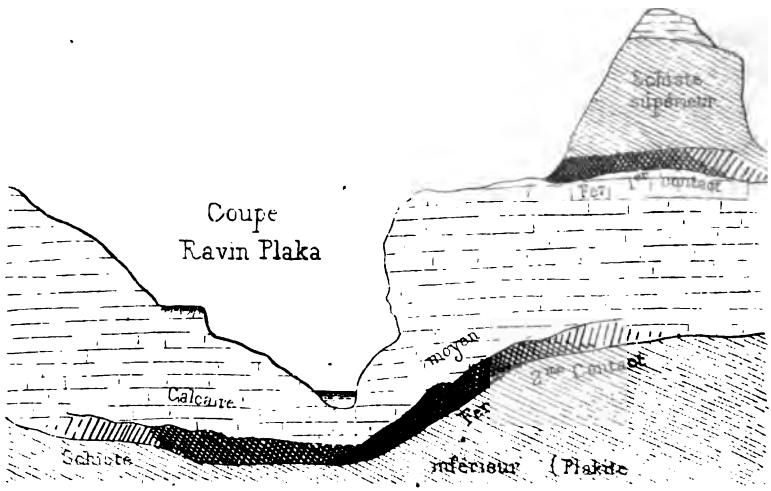


FIG. 3.

mineurs par les phénomènes géologiques qui s'y sont développés : le *Ripari*, le *plissement*, le *trou de Kitzos*, *son gîte de contact à minerais sulfurés, ses riches griffons calaminaires, ses filons euritiques et ses remarquables échantillons minéralogiques*, dont nous avons remis les plus beaux types au Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Zinconite.	*Zinc hydro-carbonaté.*
Calamine ou smithsonite cristallisée, mamelonnée, compacte, stalactétique, quelquefois cadmifère.	*Zinc carbonaté.*
Calcite cristallisée, plus ou moins zincifère.	
Aragonite corraloïde blanche et verte.	
Adamine cristallisée et mamelonnée, verte, jaune et incolore.	*Zinc ferrugineux et arsénio-cuivreux.*
Buratite.	*Hydro-carbonaté de zinc, cuivre et chaux.*
Risséite.	*Variété de buratite ; hydro-carbonate de cuivre et de zinc.*
Serpiérite.	*Produit nouveau. M. Damour a constaté que c'est un sulfate, basique hydraté de zinc, insoluble dans l'eau, soluble dans les acides.*
Zincalaminite.	*Sulfate alumineux hydraté de zinc et de cuivre, d'après Damour.*

Cabrérite	*Arséniate hydraté de nickel et de cobalt.*
Cuivre nati	
Cuivre oxydulé	*Cuivre carbonaté bleu.*
Malachite.	
Brochantite	*Sous-sulfate de cuivre.*
Olivénite	*Cuivre arséniaté.*
Rettsonite	*Silico-aluminate de cuivre.*
Sulfate de cuivre et de ???	
Gypse.	
Alumite.	
Halloysite.	
Baritine.	
Galène.	
Fluorine.	

Le soulèvement du Ripari semble devoir être considéré comme la cause primordiale des accidents qui caractérisent cette région. Le sommet du Ripari, point le plus élevé du Laurium (cote 325), est le point de départ du plissement dont la crête plus ou moins ondulée serpente en se dirigeant vers le sud, par les puits *Franciscque* (cote 220) et Jean-Baptiste (cote 176), pour arriver vers le groupe des puits *Hilarion* (cote 124) et sortir des concessions vers la borne *Spitharopousi* à la cote 110.

En profondeur ce plissement n'est étudié que jusqu'à la cote 50. Une galerie, qui est à faire, partant du puits *Hilarion* à la cote zéro, et poussée à l'ouest sur une longueur de 120 mètres environ, devra le rejoindre et faire connaître si les couches reprennent au-dessus de cette cote leur direction plus ou moins horizontale.

La surface de la zone centrale comprend le plateau de *Camaresa* qui, sur 200 mètres environ de largeur O et E, est presque horizontal et qui s'infléchit ensuite à l'est jusqu'à la mer avec une pente d'environ 0,050. Au fond, c'est-à-dire en suivant le calcaire inférieur, mur du troisième contact, cette pente n'est que de 0,025. Dans sa direction N. S., depuis l'orifice du puits *J.-Baptiste* jusqu'à la bouche du puits Hilarion, sur une longueur d'à peu près 1,200 mètres, la surface s'infléchit avec une rampe de 0,040, celle du fond n'étant que de 0,005.

Le pendage du calcaire mur, pris sur le plissement des couches du côté O, indique un rapide plongement de 60 à 65 degrès en moyenne.

Vers l'ouest, la crête du plissement paraît former une ligne de démarcation d'un intérêt capital pour le géologue et surtout pour

le mineur. En effet, si l'on doit tenir compte des indications fournies par les travaux des anciens, et il y a presque toujours lieu de le faire, on voit que ceux-ci, qui ont si bien exploré et tiré parti de tout ce qui avait quelque importance, n'ont pratiqué vers l'ouest de cette ligne que des recherches presque aussitôt abandonnées, sans doute par suite de leur stérilité. Or, jusqu'à ce jour, les travaux modernes n'ont pas donné d'autres résultats.

Vers l'est, c'est tout le contraire. Il n'est pas un point que les anciens n'aient fouillé, et les vides immenses qu'ils ont laissés sont des témoins irrécusables des richesses qu'ils ont dû rencontrer. Les travaux modernes entrepris dans ces excavations trouvent encore à glaner avec profit, en même temps qu'ils mettent à découvert des régions entièrement vierges, lesquelles promettent pour l'avenir de fructueuses et abondantes réserves.

La pauvreté constatée à l'ouest n'est-elle qu'apparente et due au plongement des couches, c'est-à-dire à la profondeur à laquelle peut se trouver le troisième contact, ou cessera-t-elle lorsqu'on aura retrouvé ce contact avec ses allures normales ? C'est ce que l'avenir nous apprendra.

Ce que l'on connaît de la richesse de la partie E. de ce terrain ne se borne pas à la surface limitée par la mer et enclavée dans les concessions de la Compagnie française du Laurium. Les couches minéralisées, après avoir disparu sous les eaux de la mer Egée, reparaissent dans les îles de l'Archipel, où des travaux ont déjà été entrepris.

M. l'ingénieur Fougère, qui a dirigé avec succès les exploitations du Laurium et dont l'opinion fait autorité en raison de sa grande expérience de mineur et de la parfaite connaissance qu'il a des terrains de cette contrée, ne fait pas doute, après les explorations qu'il a faites dans cette région, du succès des exploitations qui y seront ouvertes et conduites avec intelligence.

Troisième zone ou zone de Mercati. — Cette zone qui comprend la vallée *Mercati*, sur le flanc E. du Ripari, descend, en s'élargissant dans la plaine de *Térico*, jusqu'à la mer.

La stratification y est moins tourmentée que dans la zone précédente et, par suite, la disposition des minerais présente une régula-

rité relativement plus grande, ce qui est très regrettable comme nous le verrons plus loin.

Les minerais de zinc y affectent un faciès spécial que nous avons déjà eu l'occasion de signaler dans notre premier Mémoire.

C'est au troisième contact que sont concentrés les gisements les plus importants de plomb argentifère et de calamine. En contact avec le schiste inférieur se trouve un dépôt ferrugineux plus ou moins mélangé de plomb argentifère que les anciens ont activement exploité; ce minerai, en se rapprochant du mur calcaire, s'appauvrit et passe à l'état de fer spathique pauvre et inexploitable : aussi les anciens l'ont-ils laissé sur place. Cette couche plus ou moins régulière, avec des alternances de richesse et de pauvreté, recouvre des dépôts en couche d'une calamine blanche, souvent très calcaire, enclavés dans le calcaire inférieur. Cette couche peu puissante est cependant assez régulière, comme on peut le voir par le premier croquis ci-dessous :

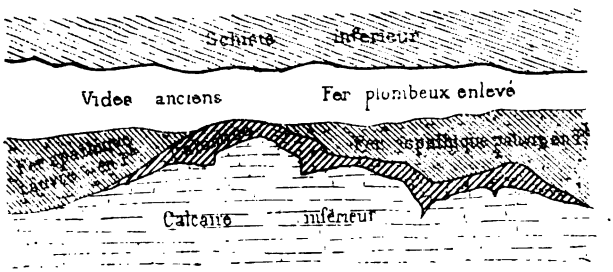


Fig. 4.

Le croquis suivant montre une disposition différente, prise dans un autre travail ancien ; le plomb argentifère arrive jusqu'au calcaire, enclavant des noyaux de fer spathique.

Dans l'un et l'autre cas, on peut constater que les anciens décapaient le gisement argentifère pour enlever les parties qui leur paraissaient suffisamment riches, et aussi pour pénétrer jusqu'aux noyaux et veinules de galène riche qui touchent le toit schisteux. On trouve encore, par endroits, des preuves matérielles bien visibles de belles concentrations de galènes riches qui devaient exister au toit. Nous avons pu constater aussi la présence de lentilles de fer spathique, tenant 4 à 5 % de plomb avec un kilogramme d'argent environ à la tonne de plomb.

Il semble aussi résulter de l'observation que c'est seulement lorsque le fer spathique pénètre dans le calcaire qu'on voit apparaître des dépôts calaminaires lui servant de gaine.

Mais quoique la répartition des minerais dans cette région obéisse à une loi de distribution plus régulière qu'en aucun autre point du Laurium, cette particularité n'a procuré, jusqu'à présent du moins, aucun avantage. La couche de fer exploitable est peu puissante, celle de calamine d'une faible épaisseur; pour les enlever il faudrait entreprendre des travaux d'une importance telle que la dépense serait supérieure aux bénéfices à prévoir. Pourtant, la

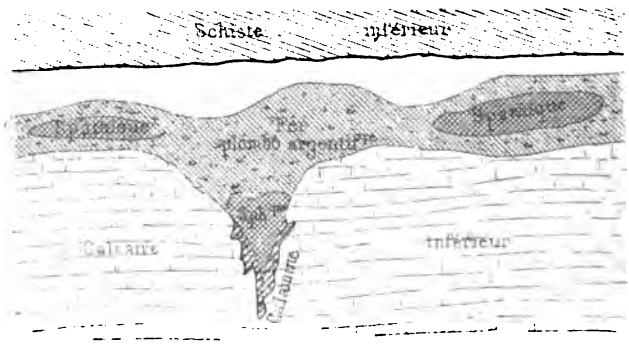


Fig. 5.

quantité des minerais de cette zone *Mercati* est probablement supérieure à celle d'autres zones moins riches, où l'exploitation laisse un profit; c'est que, dans ce dernier cas, un même travail préparatoire pour l'enlèvement des parties riches en minerai peut conduire à des amas puissants.

La vallée Mercati présente ainsi le rare exemple d'un gîte dont le mineur ait à regretter la trop grande régularité. Il y a lieu aussi de remarquer que, d'après le faciès spécial des minerais calaminaires et leur mode de gisement, leur formation est différente et d'une autre époque que celle des griffons de la *zone centrale.*

Quatrième zone ou zone du sud. — La surface de cette zone est recouverte par le schiste supérieur et le calcaire moyen. Elle est très probablement appelée à jouer un grand rôle dans l'avenir du Laurium, par ses gisements de fer plombeux et de calamine reconnus, quoique peu étudiés encore, dans les premier et deuxième

contacts, et par ses griffons puissants de calamine riche que l'exploration du troisième contact a signalés et fera encore rencontrer si les recherches sont convenablement conduites.

Le plateau de Berzéco, qui fait partie de cette région, confine à la zone centrale. Il recouvre une portion des travaux du groupe Hilarion, travaux ouverts dans le gîte de contact à minerais sulfurés qui s'étend au-dessous ; c'est là qu'on trouve la grande excavation à ciel ouvert connue sous le nom de *trou de Kitzos*.

Il y a donc, entre la deuxième et la quatrième zone, une pénétration intime qui rend difficile leur différenciation; il est juste d'ajouter que la même observation plus ou moins rigoureuse peut s'appliquer aux autres zones.

Au sud, à l'extrémité des concessions, dans les districts d'Agrilesa, Souresa, etc., la quatrième zone est caractérisée par un ballonnement désigné sous le nom de mont Saint-Michel, et dont le point culminant est à la cote 225.

Il est intéressant de noter que, dans cette zone, on a trouvé rassemblés les trois contacts et qu'on a pu les y étudier dans leurs rapports intimes.

Le premier contact, qui apparaît également dans le nord de la zone centrale, au lieu dit de *Dimoliaki*, est stérile comme le témoignent tous les travaux qui y ont été ouverts ; il ne peut être fondé aucune espérance de quelque valeur dans cette partie nord. Au sud, il n'en est pas de même : en effet, au mont *Saint-Michel*, que recouvre une calotte du schiste supérieur, autour de laquelle apparaît l'affleurement du calcaire moyen, le contact a été fouillé et interrogé par un grand nombre de puits et d'amorces de galeries, tant à l'époque ancienne que dans ces derniers temps. On a pu constater, sur toute la surface de cette protubérance, l'existence d'une couche régulière de fer plombo-argentifère, dont la puissance varie de 1 à 6 mètres ; cette couche, quartzeuse au toit contre le schiste, devient fluatée au mur sur le calcaire.

La silice faisant généralement défaut dans les minerais plombeux des autres régions, il y a là un gîte on ne peut plus intéressant qui donnera, pour le traitement du plomb, des minerais susceptibles d'améliorer les lits de fusion.

En certains points on voit la coucheplombeuse s'enfoncer plus ou

moins profondément dans le calcaire avec un pendage de 70 degrés environ, puis reprendre, quelques mètres plus loin, sa direction normale.

Dans le N.-O. du mont Saint-Michel, une attaque a pénétré dans un amas ferrugineux à 4 % de plomb et 150 grammes d'argent à la tonne de minerai, soit plus de 3k,500 d'argent par tonne de plomb. C'est incontestablement un des plus riches minerais ferrugineux du Laurium. Les anciens, du reste, l'avaient bien remarqué, car ils y ont développé leurs travaux avec une énergie et une activité dont témoignent encore d'immenses excavations ; celles-ci sont soutenues par de beaux massifs dont les exploitants modernes pourront tirer profit. On remarque dans ces massifs de petits couloirs très étroits et plus ou moins sinueux, sans doute remplis, à l'origine, par des galènes que les anciens ont enlevées.

Comme il reste encore dans cette couche, dont la surface est très étendue, de grands espaces vierges, on voit qu'il y a là une vaste réserve pour l'exploitation actuelle.

A *Souresa* et au plateau *Berzéco*, le premier contact contient aussi de grandes quantités de minerais ferrugineux, avec 4 à 5 % de plomb, et 800 à 1,000 grammes d'argent par tonne de plomb ; ceux-ci, comme les minerais du mont Saint-Michel, se prêtent bien à l'enrichissement mécanique si on sait le pratiquer convenablement.

Quant à la calamine, on l'a trouvée en abondance à la suite de travaux partant du puits de *Joanna* n° 2; elle est fluatée avec une teneur de 32 % de zinc. Les puits *Lagos* et *Miss* du plateau Berzéco constatent la persistance et la puissance exceptionnelle de ce gisement ; la calamine, sous forme de couche dans le contact, y atteint une épaisseur de 5 mètres sans avoir encore été traversée entièrement. En ces points, sa teneur est de 30 à 32 %; elle est ferrugineuse et calcaire. Sa richesse semble augmenter à mesure qu'on pénètre plus bas dans la couche. Toutes ces calamines pourraient être enrichies par le lavage.

En certains points du plateau Berzéco, de grands travaux à ciel ouvert sont faciles à pratiquer et pourront aisément permettre une production annuelle de 25 à 30,000 tonnes de ce minerai.

Le deuxième contact de la zone du sud n'a encore été que peu

exploré. Dans la partie dite *Noria*, il a été rencontré à 6 mètres de l'orifice du puits *Noria n° 3;* au puits des *Anémones*, on trouve à 22 mètres de l'orifice, à la côte 58, un plomb spathique avec calamine blanche, celle-ci fluatée et très friable avec une teneur de 48 à 50 %.

De même que le précédent, le TROISIÈME CONTACT est actuellement très peu étudié. A 17 mètres plus bas que l'orifice du puits *Noria n° 3*, là où quelques recherches ont été amorcées, on a constaté l'existence de plusieurs veines de calamine de troisième qualité qui s'enfoncent dans le calcaire.

Au *puits des Anémones,* on rencontre ce troisième contact à la cote 47 ; des travaux y ont été poursuivis sur une belle couche de calamine cristallisée de première qualité qui paraît descendre de *Souresa.* Sa puissance varie de $0^m,20$ à $1^m,00$, avec continuité constatée par plusieurs puits ouverts à l'est du premier. Est-ce un gîte se rapprochant d'une couche, comme on en voit dans la région Mercati ; est-ce l'épanchement supérieur d'un groupe de puissants griffons, comme il s'en présente dans le calcaire de la région Hilarion ; ou bien encore est-ce le prolongement du gîte de contact, exploité pour plomb oxydé dans la région Hilarion, et qui, ici, se serait rempli de calamine sous l'influence des phénomènes géologiques, auxquels sont dus le trou de Kitzos et le filon euritique n° 1 ? C'est ce que nous apprendront les travaux postérieurs.

En résumé, on voit que cette *zone du sud* dont l'étude rationnelle a été commencée en 1884, à la suite de nos premières observations de 1877, est prodigue de promesses des plus encourageantes pour l'avenir et que, par conséquent, son étude doit être poursuivie avec soin et activité.

LE TROISIÈME CONTACT DANS LA RÉGION CENTRALE. — L'exposé des caractères qui distinguent la *zone du sud* nous ayant conduit à l'étude plus ou moins sommaire des 1er, 2e et 3e contacts, il est nécessaire de continuer l'examen de ce dernier en le suivant dans la région centrale où il acquiert une importance énorme au double point de vue géologique et industriel.

Toutes les observations que nous aurons à signaler, pour compléter celles qui ont déjà été exposées dans notre premier Mé-

moire, ont été recueillies à la suite des travaux si habilement dirigés par M. Fougère pendant sa trop courte période de direction (1883 et 1884).

Afin de faciliter notre examen qui comprendra : l'étude du plissement avec son gîte de contact de minerais sulfurés et les transformations que ceux-ci ont subies, celle des filons euritiques et des griffons calaminaires, ainsi que les relations et influences réciproques de ces divers phénomènes les uns sur les autres, nous aurons recours à quelques coupes soit d'ensemble, soit de détail.

GITE DE CONTACT DES MINERAIS SULFURÉS ET LEURS TRANSFORMATIONS. — Le développement des travaux d'exploitation et d'exploration sous le plateau de Camaresa a montré que, dans cette région, le gîte de contact manifeste peu à peu, en s'avançant vers l'est et s'infléchissant vers la mer, un rapprochement du toit et du mur ; en même temps et à mesure que s'accentue cet étranglement, la pauvreté du gîte est de plus en plus accusée. En effet, au puits CLÉMENCE, au N.-E. du plateau, on ne trouve plus de travaux anciens, et les recherches qui y ont été tentées de nos jours n'ont pas donné de résultats ; d'autre part, on a pu se convaincre de la même stérilité par les nombreux puits de recherches, tant anciens que modernes, ouverts dans la direction de la mer dans la vallée *Espérance*. Il y a lieu pourtant de noter un fait particulier, présentant un certain intérêt au point de vue des recherches futures : au lieu dit du *3e kilomètre*, bien que le 3e contact y ait été trouvé stérile, on a rencontré, exceptionnellement il est vrai, du moins jusqu'à ce jour, et au premier contact, un amas assez développé de minerais sulfurés riches en argent. Cet amas pourra probablement donner lieu à une exploitation rémunératrice. A *Loutza*, le 3e contact, à la cote 98, a également été trouvé stérile.

A l'ouest du plateau, le gîte semble d'autant plus métallisé qu'on se rapproche davantage du plissement ; celui-ci s'accuse bien nettement aux cotes 140 et 105, à l'ouest du puits *J.-Baptiste*, avec le pendage déjà indiqué de 60 à 65°.

En suivant le gîte en profondeur, on a reconnu sa richesse constante jusqu'à la cote 55, sur une longueur de 1,200 mètres, depuis les travaux sud du puits J.-Baptiste jusqu'à ceux du groupe Hilarion. Cette même richesse a encore été constatée, au nord

des travaux du puits J.-Baptiste, à la cote 55, sur une longueur de 300 mètres; mais, dans cette dernière section, la partie plane non étranglée subit, en largeur, une diminution de surface très appréciable.

De plus, une galerie nouvelle de reconnaissance, ouverte au nord des travaux du puits J.-Baptiste, ayant recoupé de puissantes masses ferrugineuses, indices certains du voisinage de dépôts plombeux ou calaminaires, il n'y a pas de doute que des travaux bien suivis ne viennent augmenter considérablement le stock de l'avenir.

Au S.-E. du plateau, vers la limite des travaux dits du *groupe Serpieri*, les recherches faites en 1883 et 1884 ont été poussées vers le S.-E. dans le but de parvenir au-dessous du point dit de *la Rotonde* et rejoindre plus tard le *trou de Kitzos*. Facilitées par la rencontre de nombreux vides anciens qui accusent l'enlèvement de grandes richesses, elles ont permis de constater que, dans cette nouvelle région, le gisement, à la cote 80, est riche et régulièrement indiqué.

A l'extrémité S.-E. de la région *Hilarion*, le gîte se prolonge bien nettement au-dessous du plateau de Berzéco, mais fouillé et vidé sur de grands espaces par les anciens.

En résumé, ce puissant gisement, bien que rétréci au N.-E., s'élargit considérablement au S.-E. Il reste à savoir ce qu'il devient à l'ouest en suivant le plissement.

Si l'on examine dans son ensemble la composition du gîte de contact, on trouve d'abord qu'il y a abondance de minerais sulfurés, dits *mixtes* (pyrite, blende et galène), lesquels ont subi une décomposition sur la nature de laquelle nous aurons à revenir. On a reconnu aussi que ces minerais, selon leur provenance, présentent des différences de teneurs en plomb et argent assez marquées. Ainsi, par exemple, les minerais du plateau de Camaresa sont plus riches en plomb que ceux de la région Hilarion; tandis que ceux qui sont extraits entre ces deux régions extrêmes sont plus riches que les premiers. Au-dessous de la *Rotonde*, c'est la pyrite de fer qui est en moindre quantité dans le mélange et c'est le plomb qui domine. Enfin, dans les parties oxydées ou décomposées, l'argent s'y trouve en moins grande quantité que dans les sulfures restés intacts; d'où il résulte une interrogation à laquelle

nous ne pouvons pas encore répondre : *Où est passé l'argent que ces minerais ont perdu en se désulfurant ?*

Comme accident particulier, mentionnons une région spéciale située au S.-E. du puits J.-Baptiste, à la cote 96. On y a trouvé, en quantité infime, il est vrai, des échantillons de minerais de métaux divers, quelques-uns sous forme de superbes cristaux que nous avons remis au Muséum. La diversité de ces produits a fait donner à la région, par les ouvriers, le surnom *d'Amérique*.

Signalons encore un autre accident aux travaux de ce même puits, cote 80, dans le griffon calaminaire, dit n° 7: on a trouvé enclavé dans la calamine un magnifique noyau de cuivre oxydulé cristallisé, et on en a extrait plus de 2,000 kilogrammes de minerai dont 1/10 de cuivre natif. Le croquis ci-dessous indique la disposition de ce gisement accidentel.

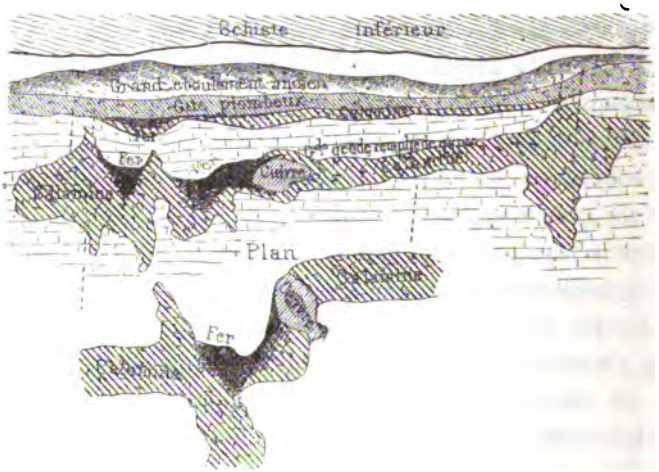


Fig. 6.

D'où provient ce cuivre, c'est encore un problème à résoudre.

Pour nous mettre à même de poursuivre notre étude sur les filons euritiques et les griffons, il est nécessaire maintenant d'avoir recours à quelques coupes. Prenons d'abord la coupe qui traverse du nord au sud toute la région centrale en suivant approximativement la direction du plissement; cette coupe, partant de l'extrémité N. de la section J.-Baptiste, s'infléchit vers l'ouest, puis se prolonge en ligne droite en traversant tout le plateau de Camaresa pour aboutir, à son extrémité sud, dans la section Hila-

rion. L'inflexion vers l'ouest nous est imposée, autrement la coupe passerait par un terrain vierge; celle-ci passe donc par les travaux anciens et par les modernes, certains de ces derniers y étant projetés quand la coupe ne les traverse pas (Pl. 140).

Dans cette section J.-Baptiste comme dans certaines parties de la zone centrale, il existe encore, dans quelques chantiers abandonnés (1879 à 1882), des quantités considérables de minerais enfouis sous des éboulements ; en s'y prenant habilement on pourra les mettre à jour. Une meilleure direction et des travaux mieux compris eussent certainement évité cet abandon. Ajoutons qu'une seule recherche, la plus intéressante peut-être, cote 50, a heureusement échappé à l'effondrement ; le mineur devra interroger la partie N. de cette région qui a été si riche et qui, à notre avis, l'est encore. On doit, par cette même galerie, atteindre de beaux amas d'oxydés et de calamine. Et en effet, il existe, vers la cote 65, une puissante masse de fer avec zinc, indice certain que la section J.-Baptiste est loin encore d'être épuisée; nous pensons toutefois qu'on n'y rencontrera pas de minerais sulfurés.

Cette coupe qui permet de voir la disposition d'ensemble des filons euritiques et des griffons et leurs rapports de réciprocité, donne une première impression qui appelle immédiatement l'attention : c'est la régularité de position et de pendage des griffons et leur agglomération d'autant plus compacte qu'ils sont plus rapprochés du mur des filons euritiques. Nous allons d'abord étudier ces derniers.

Filons euritiques. — Le nombre des filons euritiques actuellement connus est de cinq ; nous n'en avions signalé que deux dans notre premier Mémoire sur *le Laurium en 1878*. Ils ont la même direction N.-E. S.-O. avec le même pendage de 45° environ au N.-O.

Lorsqu'ils arrivent à la rencontre du 3e contact, ils donnent naissance à des *brouillages* et prennent l'aspect de terre pourrie qui souvent contient jusqu'à 100 gr. d'argent à la tonne avec des grains de pyrite de fer dont la teneur en argent est de 60 gr. à la tonne de pyrite.

On a pu constater que les filons nos 1, 2 et 3 franchissent le

gîte sulfuré du 3e contact sans que leur trace au-dessus soit bien nette et bien caractérisée.

Dans leur plongement, ils sont en général, plaqués, au mur. d'*halloysite* avec fer et calamine. C'est aussi vers ce mur que viennent se grouper de puissants griffons calaminaires qui, très exceptionnellement, traversent l'eurite en y laissant des traces de leur passage ; nous aurons occasion de constater plus loin les exceptions par l'étude de coupes qui nous montreront certains griffons spéciaux arrêtés au mur, franchir le filon, pour reparaître au toit et suivre leur cours jusqu'au 3e contact où ils se terminent par un chapeau de fer.

Les filons euritiques les mieux connus sont les nos 1, 2 et 3. Le no 4 bien connu au toit a été peu étudié au mur; enfin le no 5 n'est encore signalé que par quelques traces.

Le no 1, le premier découvert, au sud dans les régions Hilarion, donne lieu à de très intéressantes observations. Rencontré dès 1875, on a pu le suivre, depuis la cote 64, sur une longueur de plus de 600 mètres, dont 400 en se dirigeant à l'est vers le trou de Kitzos et passant sous le plateau Berzeco ; tandis qu'à 200 mètres, dans la direction de l'ouest, il vient s'arrêter sur le plissement à la cote 50. Dans son pendage, il a été également suivi par une descenderie que la rencontre de l'eau a forcé d'arrêter à la cote zéro.

Au mur de ce filon il y avait, enclavé dans le calcaire à 30 mètres au-dessous du 3e contact, ce puissant faisceau de griffons calaminaires que nous avons signalé en 1878 et qui, à cette époque, avait déjà fourni plus de 12,000 tonnes de très belle calamine. Nous avons retiré de là, pour la première fois, de splendides cristaux d'*adamine*. Ces griffons étaient tellement rapprochés les uns des autres que leurs épanchements, en se recouvrant dans le calcaire, y avaient donné naissance à une pseudo-couche de calamine. C'est par le développement de l'extraction, en suivant les racines calaminaires, qu'on a pu se rendre compte de la véritable nature du gisement et que les griffons ont été constatés.

Un puissant filon de fer croise ici l'eurite et semble avoir été la cause de ce groupement; on peut se demander aussi si le trou de Kitzos n'est pas lui-même une conséquence de la venue de ce filon de fer, ou inversement, si ce filon de fer n'est pas le corollaire du

phénomène encore inconnu auquel est due la formation de ce trou.

De distance en distance, avec des variations tant en direction qu'en inclinaison, mais toujours au mur, on rencontre des placages plus ou moins épais de calamine avec fer et halloysite. Parfois ces placages prennent assez d'épaisseur pour constituer de petits dépôts dans des crevasses, tantôt remplis de calamine, tantôt vides. La puissance moyenne de ces placages est de $0^m,50$, sur des longueurs de 10 à 12 mètres. Ceux d'entre eux qu'on a rencontrés sur les 200 mètres de galerie se dirigeant à l'ouest, vers le plissement, ont donné une belle et riche calamine; ceux qui ont été découverts sur les 400 mètres pratiqués à l'est n'ont généralement fourni, au contraire, que des calamines assez pauvres, avec 25 à 28 % de zinc. Dans quatre seulement de ces dépôts on a pu extraire un minerai à teneur élevée.

En se rapprochant du plissement, l'eurite s'est trouvée en contact avec de puissants amas ferrugineux empâtant des noyaux de riche calamine, puis enfin avec un énorme amas de belle calamine.

On peut généraliser les observations qui précèdent et dire qu'elles se représentent à chaque filon avec des caractères semblables plus ou moins développés, c'est-à-dire qu'on trouve au mur des placages de calamine, de fer et d'halloysite; ce qui permet de supposer que, peut-être, ces filons sont les promoteurs des griffons.

Griffons. — Pour nous faciliter cette étude particulière, nous choisirons quelques coupes de griffons parmi ceux qui présentent les types les mieux caractérisés et qui peuvent en même temps nous fournir des indications intéressantes.

Nous suivrons les griffons en commençant par ceux qui sont le plus au nord de la zone centrale, dans la région Jean-Baptiste, puis nous descendrons vers le sud le long de notre grande coupe d'ensemble jusqu'à la limite extrême sud de cette zone dans la région Hilarion (Pl. 140).

Nous avons déjà vu, par la coupe d'ensemble, le mode de groupement des griffons par rapport au voisinage de l'eurite; nous avons constaté en même temps que leur présence s'étend, tout le long du plissement, sur une surface limitée en largeur, à l'ouest par le plissement même, et à l'est par le rétrécissement du troi-

sième contact au moment où la stratification générale s'infléchit vers la mer.

Ces griffons qui sont les chemins par lesquels les liquides minéralisés, venus du fond, se sont créé des passages dans les fentes naturelles pseudo-régulières du calcaire, ont une direction moyenne N. 45° E. avec branches à peu près perpendiculaires à cette direction; celles-ci remplissent également des cassures naturelles dans le calcaire, et les uns et les autres ont un pendage très sensiblement vertical.

Nous verrons plus loin que les zones calaminaires de ces griffons ont un pendage propre et régulier dans le plan d'inclinaison de leur gisement; et l'on constate aussi que s'ils forment des faisceaux d'autant plus compacts qu'ils sont plus rapprochés des eurites, leur richesse semble croître en raison de cette proximité.

On désigne, au Laurium, sous le nom de *griffons* (1), les gisements calaminaires de direction N. 45° E., et on appelle *griffons croiseurs*, ou simplement *croiseurs*, les branches perpendiculaires aux premiers.

Soit que ces griffons s'arrêtent sur le mur d'un filon euritique, soit qu'ils se terminent au troisième contact en se butant sur les minerais enclavés dans ce contact, on les trouve toujours recouverts d'un chapeau de fer, et la gaine qui les enveloppe, dans leur enclave de calcaire, est, le plus souvent aussi, garnie d'un placage ferrugineux. Enfin, des filets de fer ou même de calamine, tantôt importants, tantôt visibles seulement pour un œil expérimenté, relient presque toujours entre eux les griffons d'un même groupe. C'est ce qui a fait dire à M. Pierre Copier, chef mineur qui les a étudiés avec un soin tout particulier pendant les six années qu'il a passées au Laurium que : « leur projection sur un » plan horizontal donnerait l'image d'un filet immense à mailles » irrégulières dont les nœuds, plus ou moins rapprochés, ou plus » ou moins gros, représenteraient les amas calaminaires. En sui» vant les fils qui relient les nœuds, on serait certain d'arriver tou» jours au but visé. »

Ces griffons, selon toute probabilité, ayant été les canaux d'épanchement des liquides venus des sources profondes, on est en droit

(1) Le nom de Griffon donné aux gîtes calaminaires provient du mot espagnol *grifon*, qui signifie robinet, c'est-à-dire orifice par lequel arrivent les liquides minéralisés.

de supposer que, là où existent les griffons dans les couches du fond, on doit rencontrer la calamine au-dessus d'eux dans les contacts supérieurs; et, réciproquement, que là où les terrains supérieurs contiennent la calamine, il y a toute chance de la trouver en profondeur, dans le calcaire inférieur, et même en plus grande importance.

Passons maintenant à l'examen des coupes.

1° Griffons dans la région Jean-Baptiste. — Les coupes 1, 2 et 3 sont faites en direction des griffons (Pl. 140), exploités dans la région N. dite J.-Baptiste. Les trois principaux de ces griffons, dénommés au plan général d'exploitation sous les numéros 1, 2 et 5 *bis*, sont représentés par les coupes 4, 5 et 6 (Pl. 140).

Les trois coupes 1, 2 et 3 nous montrent la position des griffons dans le voisinage du plissement et le mode de distribution de la calamine. Le plus important de ces griffons est aussi le plus rapproché du plissement; il présentait des zones riches séparées par des zones pauvres et même entièrement stériles. Ce fait nous montre qu'il faut toujours suivre les fentes stériles, si peu que ces fentes soient indiquées, car on a la presque certitude d'être conduit, par leur intermédiaire et après un parcours plus ou moins long, à une nouvelle zone riche.

C'est ainsi qu'en suivant par une galerie (n° 20 du plan général d'exploitation) des fentes insignifiantes en apparence, on a été amené, de zone en zone, jusqu'à une belle masse qui a fourni à elle seule plus de 2,000 tonnes; cette poche, qui remontait jusqu'au contact, s'est trouvée arrêtée par un chapeau de fer dans une puissante région de minerais oxydés.

On remarque que ces griffons, minces à leurs racines, s'élargissent considérablement en remontant; leur section présente l'aspect d'un coin. On voit aussi que, dans le plan de pendage d'un griffon, les zones métallisées affectent un pendage propre et particulier, dirigé vers le sud-ouest, à peu près; c'est aussi le sens de l'inclinaison du plissement. Enfin, cette même coupe indique l'étranglement des griffons vers la cote 50.

La coupe n° 2 (Pl. 140) nous fait voir, près du plissement, un bel amas de minerais sulfurés non décomposés, au-dessous duquel, dans le calcaire, il n'a été signalé aucune calamine; mais, à

l'est de cet amas, on a exploité un magnifique griffon dont une des zones a produit plus de 10,000 tonnes de belle calamine. Celle-ci se trouvait entre le contact et la cote 50. Là encore, au contact, le griffon est limité par un dépôt de fer, et les minerais sulfurés y sont passés à l'état d'oxydés. Au-dessous de la cote 50, la calamine continue à descendre, mais avec une puissance bien inférieure à celle des parties hautes, de $0^m,40$ environ comme épaisseur.

C'est en suivant un petit filet calaminaire dont on a eu connaissance à la cote 93 qu'on a rencontré cette belle masse; et le filet lui-même avait été reconnu lors de l'exploitation des oxydés et après avoir franchi le chapeau de fer.

Enfin remarquons que les zones les plus riches de ce griffon plongent vers le S.-O. ; toutefois, entre les cotes 85 et 60, l'une de ces zones affectait une direction presque verticale, et c'est de là qu'ont été extraites les 10,000 tonnes dont nous avons parlé plus haut.

La coupe n° 3 (Pl. 140) nous montre à la cote 96, vers la crête du plissement, un beau chantier de minerais sulfurés, lequel, vers l'est, passe insensiblement à l'état oxydé à mesure qu'il se rapproche du filon euritique n° 3 où se trouve un dépôt de calamine.

A la cote 80, près du pendage du plissement, au-dessous de cette masse de minerais mixtes, il existait un important amas de calamine ; celui-ci est resté enfermé dans le calcaire, sans parvenir jusqu'au contact dans lequel les minerais sulfurés n'ont éprouvé aucune décomposition. Ce fait prouve qu'il y aurait intérêt à explorer toute la partie vierge du calcaire, entre cet amas et le filon euritique.

A 60 mètres environ des minerais sulfurés, le filon euritique n° 3 se termine, sur le troisième contact, par un fort brouillage en même temps qu'un puissant griffon calaminaire.

Ici, on signale que la calamine existe tant au mur qu'au toit de l'eurite, qu'elle a traversé le filon et qu'elle s'y est épanchée en une suite de griffons : ce qui laisserait supposer que l'eurite est antérieure à sa venue.

A sa rencontre avec le troisième contact, la calamine est recouverte d'un dépôt de fer ; un dépôt du même genre la sépare éga-

lement de l'eurite là où elle n'a fait que franchir le filon sans s'y épancher.

La coupe n° 7 est prise dans le croiseur le plus à l'est du griffon qui précède ; celui-ci traversait l'eurite en laissant au toit et au mur des placages calaminaires de 0,30 à 0,50 d'épaisseur, et formant, au centre du filon, un dépôt de plus d'un mètre de puissance. Les placages du toit et du mur se prolongeaient en minces rameaux qui faisaient communiquer entre eux une série de petits griffons ; et ceux-ci, s'élevant et s'épanouissant au troisième contact, se terminaient par un chapeau de fer au-dessus duquel reposaient des minerais oxydés.

C'est entre les cotes 98 et 80 que la calamine a été recueillie en plus grande abondance. On peut voir toutefois que ce beau griffon n'était pas dépourvu de zones stériles et quel avantage on a eu à les franchir.

La branche A du croiseur était très riche entre les cotes 96 et 80 ; entre 80 et 72, il y avait un appauvrissement relatif ; puis, en entrant dans le filon euritique, la richesse devenait très grande. La calamine remplissait le filon entre les branches A et C, et ce remplissage de plus de 240 mètres n'est point encore arrivé à son terme.

Ce croiseur laisse voir ainsi que les zones riches ont une inclinaison verticale.

Ce grand et riche chantier, préparé par l'exploitation antérieure à 1879, a servi en partie à la production de 1879 à 1881. A cette époque, il fut abandonné en raison de la conduite imparfaite des travaux. L'inspection des indices était si favorable que M. Fougère, en 1883, n'hésita pas à faire de nouvelles recherches, après avoir consolidé les travaux antérieurs ; il avait acquis la certitude de trouver la calamine entre les zones riches de ce griffon, et c'est, en effet, ce qui arriva.

Là encore on a constaté et la présence du fer qui accompagne constamment la calamine, et l'inclinaison au S.-O. des zones riches dans le plan de pendage du griffon, et la disparition ou l'étranglement des racines vers la cote 50.

Entre la traversée du filon d'eurite et les griffons rencontrés beaucoup plus à l'est, entre le contact et la cote 80, il existe un grand espace resté inexploré, faute de temps, par l'exploitation

de 1883-84 ; or, il paraît certain qu'en y poussant des reconnaissances on rencontrera le minerai. De même, si de la galerie n° 21 du plan d'ensemble, on ouvre des petites galeries d'interrogation se dirigeant sur le contact, on a des chances d'y trouver du minerai que l'exploitation antérieure a dû y laisser. La coupe n° 8 est sensiblement de même direction que les autres coupes en direction de griffons.

Par une galerie d'allongement qui suivait le plissement à la cote 80, on est venu déboucher sur un amas de minerais sulfurés d'une longueur de plus de 30 mètres, avec une puissance moyenne de 1 m. 20 environ. Une masse ferrugineuse ayant été également signalée dans le parcours de cette galerie, une traverse y a été également poussée en 1883, et on a pu observer que le fer croisait de petites veines calaminaires, plus ou moins insignifiantes, auxquelles, cependant, les remarques antérieures donnaient une véritable importance. Confiant dans la loi que les premières remarques semblaient affirmer, on suivit ces veinules, et celles-ci conduisirent à la découverte de l'amas très développé qu'indique la coupe n° 8, à 3 mètres au-dessous de la cote 80. C'est actuellement l'un des points les plus riches du plateau de Camaresa, et dans une région nouvelle dont, il y a peu de temps encore, on ne soupçonnait pas l'importance. Cet amas pourra fournir quelques milliers de tonnes d'un beau minerai.

Il faudra, pour cette exploitation, beaucoup de prudence et d'habileté, si l'on veut enlever la totalité du minerai et éviter les accidents. En effet, ce riche dépôt placé entre le plissement, à 100 mètres environ, et le filon euritique n° 4, sur le mur duquel il vient s'appuyer, se trouve dans sa plus riche partie au-dessous d'un immense éboulement qui, de la cote 80, se propage jusqu'à la la surface et par lequel s'engouffrent les eaux du plateau Berzeco, du tunnel et de la région Camaresa.

Au contact, il est recouvert par le fer au-dessus duquel se trouve un grand amas d'oxydés enfouis sous les débris de l'éboulement. Des plaquettes ferrugineuses lui servent de temps en temps de salbandes, le long du mur euritique. Les zones riches ne franchissent pas la cote 50, avec le pendage général du S.-O.

Quelques coupes choisies vont maintenant nous permettre d'étudier les *croiseurs ;* elles nous permettront d'en faire ressortir

les caractères généraux et les quelques particularités intéressantes qu'ils peuvent présenter.

Nous examinerons d'abord la coupe n° 9 (planche 141), prise au N.-O. du plateau, près de la limite de séparation des travaux de la *section Centrale* et de ceux de la *section Nord* ou *J.-Baptiste*, sur un croiseur relié au beau griffon, le plus éloigné à l'est, que montre la coupe n° 2.

Le croisement de ces deux dépôts a donné naissance à une masse énorme de calamine, l'une des plus développées que l'on ait rencontrées jusqu'à ce jour, et que l'on voit, fait exceptionnel dans cette région, s'enfoncer bien au-dessous de la cote 50.

L'amas inférieur de cette masse était relié par de petits branchements à un dépôt supérieur plus développé qui s'élevait jusqu'à la cote 80. C'est en suivant avec persistance des indices ferrugineux qu'on a atteint, en 1878, ce gisement, lequel a fourni à la période d'exploitation 1880-1882 le principal élément de sa production.

Toute la calamine, située au-dessus des petits évents qui la reliaient à la masse du bas, s'inclinait vers l'est en remontant; dans la partie inférieure, au contraire, tous les travaux s'enfoncent à l'ouest, et un branchement suivi par une galerie, à la cote 50, plonge au nord.

A l'extrémité A de la branche principale, la calamine, qui s'y trouve encore, continue à descendre avec uue puissance de 1 mètre; on ne l'a pas suivie plus loin.

Partout le long des parois des parties exploitées, il reste encore de belle calamine dont on pourrait tirer partie. Par suite de l'abandon des travaux, les eaux de surface les ont envahis. Plus tard, en 1883-84, on y est revenu avec succès, et on a pu obtenir une production rémunératrice, malgré l'augmentation des prix de revient résultant de travaux plus difficiles.

L'eau étant épuisée, on arrivera, en s'effonçant encore davantage, dans une partie vierge qui, à en juger par les apparences, devra être très productive.

Dans la surface comprise entre le plissement, les filons euritiques 2 et 3, et la limite des travaux antérieurs, il reste une zone inexplorée, sur laquelle nous devons attirer l'attention. On voit déjà

par la grande coupe d'ensemble, que les croiseurs y ont une importance aussi grande que les griffons proprement dits.

La coupe n° 7 nous conduit à la même observation qui est confirmée encore par l'examen des coupes suivantes.

La coupe n° 10 nous montre la valeur de l'un des croiseurs de la série de griffons rencontrés au-dessus du filon euritique n° 4 par la coupe n° 8. La coupe n° 11 nous en montre un autre qui, placé au-dessous de ce même filon, se termine à son mur, vers la cote 66, par un important dépôt de fer, et pousse ses racines jusqu'à la cote 50 en laissant en vue de petits rameaux qui s'enfoncent plus bas et qu'il y aurait peut-être intérêt à explorer.

La coupe n° 12 a été prise sur un croiseur qui s'étend entre les coupes 3 et 4. Il est placé, comme on le voit, entre la cote 80 et le filon euritique n° 3, sur lequel il s'appuie par l'intermédiaire d'un placage ferrugineux. Une de ses racines a été reconnue dans une galerie, à la cote 50. Mais ce qui le rend surtout intéressant, c'est la présence, au-dessus de la cote 80, d'un long boyau calaminaire horizontal, dont l'extrémité n'a pas encore été atteinte et qui fait communiquer entre eux une série de griffons.

La coupe n° 13, pratiquée en direction d'un croiseur à l'extrémité est de l'un des griffons qu'indique la coupe n° 14, nous montre la disposition de ce croiseur relativement au filon euritique. Là, encore, on peut constater que les croiseurs ont la même richesse que les griffons, et qu'en somme il n'y a pas lieu, pour la production, de les différencier.

Les deux coupes 15 et 16 nous présentent un intérêt spécial, en raison de la région nouvelle qu'elles traversent et qu'on a pu explorer en complétant les observations résultant de l'examen des travaux traversés par la coupe n° 8.

La coupe 15 nous montre un croiseur situé au-dessous du filon euritique avec lequel il communique, vers la cote 96, par un rameau de zinc et fer mélangés. A la cote 80, un puissant amas ferrugineux, couvert de minerais oxydés, le sépare du grand éboulement déjà signalé. Enfin des traces de calamine et des amas d'oxydés, rencontrés par une galerie, laissent à supposer qu'entre cette galerie et l'éboulement on devra rentrer, en remontant, dans une partie riche. Un puits, foncé à l'extrémité de l'éboulement, a

franchi, pendant 8 ou 9 mètres, le dépôt d'oxydés dont la richesse en plomb est de 10 0/0.

Une quantité considérable de calamine a déjà été extraite de ce croiseur qui ne franchit pas la cote 50.

La coupe n° 16 nous fait voir un croiseur voisin du précédent, mais plus rapproché du plissement. Arrêté à la cote 80 par un amas de fer, il reste confiné entre les cotes 80 et 50 à une certaine distance au-dessous du 3e contact.

Cette riche région, qui comprend tout le sud du plateau Camaresa et s'étend sur toute la partie nord des travaux Hilarion, appartient entièrement à l'actif de la période 1883-84; elle ouvre un nouvel et vaste horizon et assure un long avenir de prospérité.

Ce résultat est la conséquence directe de recherches méthodiquement conduites par des ingénieurs possédant la pratique des mines et sachant mettre à profit les lois déduites du groupement et de la généralisation des faits qu'ont établis une observation continue. Des indices actuellement certains laissent entrevoir, dans cette région, un stock d'environ 400,000 tonnes, stock qui ne pourra qu'augmenter en poursuivant les recherches.

De ce qui précède il résulte qu'il n'y a, en réalité, ni *griffons croisés*, ni *griffons croiseurs*, et que cette différenciation n'a plus de raison d'être. Il n'y a que des gîtes jetant des branches qui se rencontrent sous des angles à peu près constants, et dont les remplissages sont contemporains et ont une même et unique origine.

Griffons de la section Hilarion. — Quelques coupes choisies dans la section Hilarion nous permettent d'en étudier les griffons; elles nous expliqueront pourquoi ceux-ci s'arrêtent bien avant le 3e contact et pourquoi aussi leur amas, encore peu étudié, nous avait conduit, par erreur, à supposer l'existence d'une couche de calamine, alors que nous ne connaissions qu'imparfaitement encore le rôle du filon euritique et que nous ignorions la forme de gisement de la calamine.

Dans l'un des griffons appartenant au grand faisceau rencontré à 30 mètres au-dessous du 3e contact, nous supposerons une coupe en direction (n° 17, Pl. 141), traversant obliquement le pendage du filon euritique n° 1, puis deux coupes perpendiculaires à la pre-

mière (nos 18 et 19, Pl. 141) passant par une série de griffons dudit faisceau et recoupant le filon euritique presque suivant son pendage.

La coupe n° 17 nous montre, près du plissement, depuis la cote 80 jusqu'au-dessous de la cote 50, un immense amas ferrugineux de plus de 150 mètres de développement et 1m,80 de puissance. C'est l'amas le plus épais et le plus régulier de ce genre qu'on ait rencontré jusqu'à ce jour, accompagnant la calamine.

Cette loi d'accompagnement qui se vérifie constamment dans les régions calaminaires avec des caractères plus ou moins bien tranchés, nous autorise à dire avec certitude que tout travail de recherche, qui rencontre un griffon de fer, doit être hardiment continué parce qu'il conduira au zinc. A ce point de vue, les galeries en allongement dans le plissement ont un puissant intérêt; et un mineur, tant soit peu familiarisé avec les allures des gisements du Laurium, ne s'y trompera que bien rarement.

Ainsi donc, lorsqu'un avancement vient donner dans un griffon de fer, il n'y a pas à hésiter : il faut pousser un avancement en direction de ce griffon afin d'arriver, sauf de très rares exceptions, à la calamine.

Si un avancement en direction du plissement rencontre un schiste plus ou moins chargé de pyrite de fer avec traces de plomb, on peut être certain qu'à peu de distance cet allongement rencontrera le contact rempli de minerais sulfurés.

La coupe n° 17 nous montre, en effet, qu'à la suite de l'amas ferrugineux vers l'est, on rencontre des griffons calaminaires. Elle nous fait voir aussi que ces griffons ont été arrêtés au-dessous du 3e contact par le filon euritique, lequel n'a pas été traversé; et qu'à la rencontre du filon par les griffons très rapprochés les uns des autres, il s'est formé une pseudo-couche de chapeaux fondus les uns dans les autres, sans que nous ayons pu encore, à cette époque, nous expliquer ce rôle d'obturateur joué par l'eurite.

Les coupes nos 18 et 19 confirment encore ce que nous avons déjà indiqué : l'existence d'un chapeau de fer qui, au contact du filon euritique, fait barrage et s'est opposé au passage de la calamine. Elles nous montrent aussi que les griffons, contrairement à ceux de la région N., qui ne dépassent qu'accidentellement la cote 50, descendent ici beaucoup plus bas; l'un d'eux a même été

suivi avec profit jusqu'à la cote zéro et la seule présence des eaux a pu empêcher de continuer son exploitation (1).

Si, d'ailleurs, on examine la disposition des griffons sur la grande coupe d'ensemble N.-S., on reconnaît que ceux-ci tendent à gagner en profondeur à mesure que l'on s'avance vers le sud. En effet, on les voit d'abord concentrés à la cote 96, puis (coupes 8, 15, 16) au-dessous de la cote 80; enfin, dans la région Hilarion, c'est à la cote 55 que se trouve la tête des grands amas qui descendent au-dessous de la cote zéro.

Il en résulterait que la recherche de la calamine doit se faire de plus en plus bas, à mesure qu'on s'avance vers le sud.

Cette remarque a une grande importance, car, après l'épuisement des amas de la région centrale, amas dont cependant on est encore loin de voir la fin, il y aura lieu d'exploiter les gisements de la région du sud (Megalapeska, ravin Berséko, etc.), et là il faut prévoir que, pour atteindre le minerai, il sera nécessaire de pousser les travaux à une profondeur de plus en plus grande.

La coupe n° 19 nous montre que, bien que la calamine se soit arrêtée à l'eurite, on trouve néanmoins, au toit du filon, de petites cheminées très minces remplies de calamine et se dirigeant vers le 3e contact.

Or, dans cette région où la calamine n'est pas en relation directe avec le gisement sulfuré, tous ces minerais ont été transformés en oxydes. Ce fait ne peut s'expliquer que par l'action de ces nombreuses et minuscules cheminées qui, en arrivant au contact, ont provoqué, par leur nombre et avec le temps, la décomposition des sulfures.

C'est très probablement aussi par de semblables conduits, comme d'ailleurs nous l'avons déjà supposé, que les eaux calaminaires, se créant des passages dans le schiste inférieur, se sont épanchées dans les contacts supérieurs. Ces conduits sont, toutefois, restés invisibles et vides en raison de la nature de la roche qui ne se prêtait pas à une double décomposition.

Gite de contact a minerais sulfurés. — Nous allons maintenant étudier avec plus de détails le gîte de contact, à minerais sulfu-

(1) Dans le puits principal Hilarion, l'eau s'infiltre par un trou de mine qui semble avoir pénétré dans un griffon. Par suite de la remarque que nous venons de faire, peut-être ce griffon est-il calaminaire; il y aurait intérêt à s'en assurer.

rés, enclavé entre le schiste supérieur et le calcaire inférieur.

Dans ce gîte, comme nous l'avons déjà vu, le minerai semble s'être concentré avec la plus grande abondance dans le voisinage du plissement, tant au côté O. du pendage qu'au côté E., en dessous du plateau de la Camaresa. Puis, à mesure que les roches encaissantes tendent à se rapprocher, non seulement les dépôts deviennent de plus en plus étranglés, ce qui en est la conséquence naturelle, mais encore on voit les masses riches s'écarter de plus en plus les unes des autres, se réduire en tous sens en raison directe de leur éloignement de la crête de plissement et finalement disparaître complètement quand la stratification s'infléchit vers l'est ; les deux roches encaissantes viennent alors se superposer directement, limitant ainsi le gîte dans cette direction. Du côté de l'ouest, la question n'a pas encore pu être tranchée; toutefois les observations déjà faites laissent supposer qu'un appauvrissement semblable pourrait bien se produire. Plus tard, les travaux qui suivront le pendage O. et atteindront un point où la stratification est moins tourmentée pourront dire s'il y a étranglement et pauvreté, ou si le gîte se continue avec la richesse que nous lui connaissons jusqu'à présent.

Plus haut, en parlant des eurites, nous avons vu qu'on a pu signaler leur passage au-dessus du 3e contact; on est ainsi amené à se demander *si le gîte de contact est antérieur ou postérieur à la venue de ces roches*. Sans pouvoir conclure d'une manière certaine, nous savons toutefois que les *calamines sont le résultat incontestable de l'apparition des eurites;* d'autre part, comme ces calamines ont exercé un effet très énergique sur l'état primordial des minerais sulfurés, elles se trouveraient donc postérieures à la production de ces derniers. Il y a là un point de départ de nature à conduire à la solution du problème.

Nous renfermant dans le cadre plus modeste que nous nous sommes tracé, nous laisserons à de plus autorisés les difficultés comme aussi l'intérêt de cette genèse, et nous nous bornerons à rassembler des faits, fruits de l'observation et de la pratique, afin de formuler, autant que possible, une ébauche des lois de position et de relation des amas utiles. Ces lois fourniront aux mineurs qui, dans l'avenir, auront la charge de l'exploitation, un com-

mencement d'indices certains, de nature à les guider dans leurs recherches, au plus grand profit de l'entreprise.

Nous venons de dire que la venue des calamines avait considérablement modifié l'état primitif des minerais oxydés. En effet, c'est toujours là où les griffons viennent s'épancher dans le 3e contact, et rencontrer les minerais sulfurés, que ceux-ci ont subi cette profonde modification. Le soufre du plomb et du fer a donné naissance à des sulfates de ces métaux qui ont ensuite disparu en raison de leur solubilité. On remarque, effectivement, que les oxydés, mélanges de sous-sulfates et de carbonates, sont moins riches en plomb que les sulfures; il y a également perte d'argent dont nous ne nous expliquons pas la disparition. Quand à la blende, elle est restée intacte.

Lorsqu'un griffon ne franchit pas entièrement le calcaire et s'arrête à une distance plus ou moins rapprochée du 3e contact, on a toujours constaté que si, au-dessus de ce griffon, il se rencontre un amas de minerais sulfurés, ceux-ci sont restés intacts. Réciproquement, partout où on a franchi un dépôt d'oxydés, ainsi que le fer sur lequel ils s'étendent, pour pénétrer dans le calcaire, on a rencontré, à plus ou moins de distance, des griffons calaminaires reliés par des canaux au fer qui sert de lit aux oxydés et de chapeau à eux-mêmes.

On peut résumer comme suit tout ce que nous venons de dire :

1° Dans le gîte de contact, partout où il y a des oxydés, on doit rencontrer, au-dessous, des griffons calaminaires.

2° Les veines ou les amas ferrugineux sont des indices certains de la présence de griffons calaminaires, à une distance plus ou moins rapprochée.

3° Ces griffons sont tous plus ou moins visiblement reliés les uns aux autres par des fissures calaminaires ou ferrugineuses, dont il faut tenir compte avec beaucoup de soin dans les recherches.

4° Dans la région centrale, les griffons sont particulièrement plus concentrés du côté du plissement et au mur de chaque filon euritique.

5° Ces griffons, très irrégulièrement distribués dans le calcaire, sont néanmoins soumis à des lois de pendage, de direction et de relations réciproques qui en favorisent la recherche; mais ils ne se prêtent pas, comme quelques personnes l'ont pu croire, à une

exploitation régulière, analogue à celle des filons ou des couches.

La recherche des gisements du Laurium doit être faite au moyen d'observations journalières et par des gens expérimentés sachant mettre à profit des indications variables ; chaque jour, en effet, on peut avoir à changer la direction suivie. On comprend donc que ce mode d'exploration ne puisse comporter l'usage des appareils fixes de perforation ; ceux-ci, dont le montage est lent et dispendieux, ne sont avantageux qu'autant qu'il est possible de les manœuvrer longtemps sans les déplacer.

Les travaux pour recherches de calamine entrepris dans les autres régions n'étant encore que peu développés, nous n'en pouvons rien dire. Toutefois et si, comme nous en avons la conviction, la calamine provient de dépôts formés aux dépens de sources venues du fond, il y a lieu de penser qu'au-dessous des dépôts de calamine dans les contacts supérieurs 2 et 1, on rencontrera, en poussant les recherches dans le troisième contact, de beaux et puissants griffons.

Voici, à ce sujet, comment M. l'ingénieur Fougère, qui a si habilement dirigé l'exploitation pendant les années 1883 et 1884, résume ses observation :

« Dans les régions vierges, partout où l'on rencontre le fer en » veines ou en amas, partout où l'on rencontre des filets calami- » naires, si minces qu'ils soient, on doit toujours les tenir en » grande considération ; ce sont des fils conducteurs qui, presque » toujours, mènent à la richesse.

» Il y a lieu également de pousser à la production des mixtes » (minerais sulfurés) et des oxydés, parce que cette exploitation » conduit à la découverte de griffons calaminaires, à cause des » relations qui existent entre ces deux genres de gisements. Ces » conduits, rencontrés au troisième contact, m'ont très souvent » permis, en les suivant, d'atteindre des griffons qui s'étaient » arrêtés dans le calcaire, à une certaine distance du contact.

» Je puis affirmer que chaque fois que nous avons rencontré » des fers oxydés ou de petits griffons calamino-ferrugineux, nous » sommes arrivés, très promptement, en les fouillant soit en pro- » fondeur, soit en direction, à les voir se transformer en cala- » mine. Or, comme des amas ou griffons ferrugineux se trouvent » au mur du troisième contact, en dessous des oxydés, ou bien en

» dessous des rejets antiques là où les anciens ont enlevé les » oxidés, la position de nos sondages en recherche m'était ainsi » clairement indiquée. Ces sondages me permettaient de déterminer » plus ou moins complètement la valeur des griffons calaminaires » sur lesquels nous étions conduits, d'apprécier leur importance » et de voir, d'après les allures constatées, quel mode d'exploita- » tion il convenait de faire adopter pour les attaques : soit de haut » en bas, soit par un ouvrage intermédiaire, soit en les abordant » par le bas.

» A tous les contacts et sans exceptions, on peut dire que les » oxydés de fer plus ou moins chargés de zinc accompagnent les » calamines et le plus souvent leur servent de chapeau. Depuis le » début de l'exploitation moderne jusqu'à ce jour, on peut affirmer » qu'il n'a point été rencontré d'amas ou griffons calaminaires au » contact des minerais sulfurés *sains* ; c'est toujours là où ces mi- » nerais ont été décomposés et en contact plus ou moins intime » avec des griffons que se sont trouvées les calamines.

» Toutefois, une exception doit être mentionnée : au troisième » kilomètre ou au premier contact, on a trouvé de la calamine » noyée dans un amas de sulfurés bien sains. »

Trou de Kitzos. — Pour terminer, il nous reste à dire quelques mots sur le trou de Kitzos dans lequel il n'a encore été fait, malheureusement, aucune recherche de nature à faire connaître son origine et son rôle.

Une galerie qui avait été ouverte en allongement du filon euritique, en 1876, dans le but de rejoindre quelque jour cet important éboulement, a été arrêtée en 1879; c'est en 1882 seulement qu'on l'a reprise.

L'orifice du trou de Kitzos, ouvert dans le schiste supérieur, est à la cote 180; le vide produit est d'environ un million de mètres cubes. La surface du fond, dont la régularité apparente est due à l'accumulation séculaire des poussières chassées par le vent ou des boues entraînées par les eaux de pluie, ayant été décapée de cette couche alluviale, on a découvert une quantité de blocs plus ou moins volumineux, accumulés les uns sur les autres, et provenant de l'effondrement du schiste supérieur. On a dégagé ces blocs jusqu'à une profondeur de 9 à 10 mètres seulement, la

continuation de ce travail difficile et coûteux n'offrant plus d'intérêt.

La galerie qui longe le filon euritique n° 1 et qu'on a ouverte à la cote 64 devra donc déboucher dans le trou de Kitzos, à 116 mètres au-dessous de l'orifice.

Un autre travail, dû à l'initiative de M. Fougère, a été entrepris pour aller aborder le trou dans une autre direction. Ce travail, éminemment utile, puisqu'il cheminait au troisième contact dans le gîte même des minerais sulfurés, en suivant des passages ouverts par les anciens, avait un double but : éclairer le gîte de contact et marcher sur Kitzos. Cette route, de direction S.-E., était déjà arrivée au-dessous de *la Rotonde*.

Ces deux voies sont à peu près à la même distance du but qu'elles veulent atteindre.

Les anciens ont-ils connu cet effondrement? On peut en douter, car aucun indice ne prouve qu'ils aient fait des tentatives pour y pénétrer. D'autre part, leur attention ne s'étant pas portée sur ce point, c'est sans doute que l'effondrement n'existait pas alors, ce qui laisserait à supposer que celui-ci est de formation moderne.

Est-ce un phénomène de dislocation, résultant des effets produits par la venue du filon euritique n° 1, qui semble le traverser, ou a-t-il été produit par l'action corrodante des sources calaminaires sur le calcaire? Ce sont là des questions auxquelles on pourra répondre quand les travaux d'approche auront été terminés.

Mais quoi qu'il arrive, soit que ces travaux servent simplement à résoudre le problème géologique, point déjà fort intéressant pour faciliter l'exploitation générale du Laurium, soit qu'ils conduisent à la découverte d'amas considérables de minerais, comme le croient quelques ingénieurs, l'étude du trou de Kitzos s'impose.

Parmi les opinions de divers ingénieurs à cet égard, nous citerons celle de M. Simonet, qui a fait un long séjour au Laurium. « Le Laurium », dit-il, « est un centre minier d'une très grande » importance, et l'étude de sa genèse permet de prévoir d'énormes » richesses non encore soupçonnées..... »

Pour lui, le trou de Kitzos est « une gigantesque cheminée » par laquelle se seraient frayé passage les liquides générateurs des minerais. Ceux-ci, en décomposant et traversant le calcaire,

auraient produit des vides immenses où se sont déposés les métaux qui occuperaient, en raison de leur densité, les parties inférieures. Les minerais de zinc doivent y être « en volumes considérables et d'une grande pureté ». Ils ne sont pas encore reconnus, et il importe de les rechercher en interrogeant le fond de cette immense excavation.

Récapitulation et conclusions.

La première période d'exploration, de préparation et d'installation, qui se termine en 1878, nous a fourni les données nécessaires pour établir la géologie générale du Laurium et déterminer la position des gîtes métallifères. C'est l'étude que nous avons faite dans notre premier Mémoire.

La seconde période (1878-1882) n'a rien produit et n'a fourni aucune donnée nouvelle. Elle s'est bornée, en tant qu'exploitation, à vivre des réserves accumulées par la période antérieure.

La troisième, qui commence à la fin de 1882 et se termine avec l'année 1884, a révélé de nombreuses observations qui, rationnellement groupées, permettent de poser les premières règles devant servir de base à la tradition ; telles sont les lois de position, de groupement et de composition des amas métallisés, les lois de relations susceptibles de guider sûrement les recherches, et enfin les influences réciproques des divers gisements soit entre eux, soit avec les roches sédimentaires ou éruptives qui constituent le sol du Laurium.

On peut se rendre compte du grand intérêt qu'ont présenté ces observations par les résultats mêmes de l'exploitation, résultats qui se traduisent à la fin de cette troisième période par un stock de 400,000 tonnes de minerais préparés pour l'extraction ou indiqués d'une façon certaine; sans compter, car il ne s'agit ici que des travaux de la *région centrale*, tout ce que l'avenir nous réserve dans la *zone du sud* (1).

Nous allons résumer l'ensemble de ces importantes observations

(1) Lettre de M. Fougère, en décembre 1884 : « ..... Notre production en calamine se maintient sensiblement la même..... Nos nouvelles découvertes tant à Camaresa qu'à Soureza, Agrilesa et Vallée-Noria, ouvrent un bel avenir au Laurium calaminaire. »

en récapitulant sommairement ce que nous venons d'exposer dans les chapitres antérieurs.

Et d'abord nous avons indiqué que, au point de vue des dépôts métallisés, il y avait lieu de diviser la surface du Laurium en quatre zones :

1° *La zone ferrugineuse ou du nord*, caractérisée par de puissants amas de fer sec, manganésé et plombo-argentifère.

2° La zone que nous appelons *centrale*, où le fer, quoique ne constituant plus un minerai marchand, est un guide qui conduit sûrement à d'abondants dépôts de plomb argentifère et de calamine.

3° La zone, dite *de Mercati*, riche en dépôts métallifères, mais qui offre peu de ressources, car ses couches régulières et de trop faible puissance ne se prêtent pas à une exploitation rémunératrice.

4° *La zone du sud*, encore peu exploitée. Toutefois, les travaux de recherches qu'on y a entrepris permettent de prévoir de grandes richesses en fer plombeux et en calamine. C'est certainement la réserve de l'avenir.

La zone centrale, qui est la mieux connue, présente un très grand intérêt tant au point de vue de l'exploitation qu'au point de vue géologique; et nous avons étudié plus spécialement la partie qui avoisine le troisième contact si riche en minerais sulfurés (pyrite, blende, galène) et en griffons. Cette étude nous a conduit à l'examen des relations et influences réciproques entre les filons euritiques et les griffons calaminaires, et des transformations qu'ont subies les minerais sulfurés. Ceux-ci, selon leur provenance et leurs modifications successives, sont plus ou moins riches en argent et en plomb ; et il est à remarquer que l'argent se trouve en moindre quantité dans les minerais ayant subi une décomposition partielle que dans les sulfures restés intacts. C'est là une particularité que nous n'avons pas pu expliquer.

Les cinq filons euritiques, actuellement connus, ont tous la même direction N.-E. — S.-O., avec un pendage de 45° environ au N.-O.; ils présentent tous les mêmes caractères quoique plus ou moins accentués. C'est ainsi que l'on trouve constamment au mur des placages de calamine, fer et halloysite, ce qui laisserait à

penser que ces filons sont probablement les promoteurs des griffons.

L'étude des griffons présentant un intérêt de premier ordre, nous nous y sommes particulièrement attaché.

Après avoir constaté la régularité de leurs groupements dans le voisinage de l'eurite, et leur agglomération d'autant plus compacte et plus riche qu'ils sont plus rapprochés du mur du filon euritique, comme le montre clairement la grande coupe d'ensemble N.-S. (Pl. 140), nous les avons suivis successivement dans les régions J.-Baptiste, Centrale et Hilarion. De leur examen détaillé nous avons relevé une série de remarques qui permettent de caractériser d'une façon toute spéciale ces gisements du Laurium et que nous résumons comme suit :

1° Les griffons, ou chemins par lesquels les liquides minéralisés, venus du fond, se sont frayé des passages dans le calcaire, sont minces à leurs racines et s'élargissent en forme de coins en remontant.

2° Les uns ont une direction moyenne N. 45° E., les autres sont à peu près perpendiculaires à cette direction. Les premiers sont désignés, au Laurium, sous le nom de *griffons*, les autres sous celui de *croiseurs;* mais, en réalité, il n'y a pas lieu de les différencier.

3° Les griffons se terminent au mur des filons euritiques ou au 3e contact. Ils sont toujours recouverts d'un chapeau de fer, et la gaine qui les enveloppe dans le calcaire est elle-même ferrugineuse.

4° Les très rares griffons qui traversent les eurites sont les branches dites *croiseurs*, dont la direction coupe perpendiculairement le plan du filon euritique suivant son pendage, tandis que les griffons proprement dits ont leur direction sensiblement parallèle à l'eurite.

5° Les griffons d'un même groupe sont reliés entre eux par des veines de fer ou de calamine, de telle sorte que la projection de l'ensemble donne l'image d'un vaste filet à mailles irrégulières, dont les nœuds représenteraient les amas calaminaires. Il en résulte que si l'on suit les fentes ou filets qui suivent les griffons, on est presque toujours sûr d'atteindre de nouvelles zones riches en calamine.

6° Les griffons ayant été les canaux d'épanchement des liquides minéralisés venus du fond, il est probable que, si dans les couches du fond on rencontre de la calamine, on en trouvera également au-dessus d'eux, dans les contacts supérieurs; et réciproquement. si les terrains supérieurs contiennent de la calamine, on peut espérer en trouver également en profondeur, dans le calcaire inférieur.

7° Le fer accompagnant toujours la calamine, on peut dire que la rencontre de veines ou d'amas ferrugineux est un indice certain du voisinage de griffons calaminaires, à une distance plus ou moins rapprochée.

8° Les amas calaminaires paraissent s'enfoncer de plus en plus à mesure que l'on s'avançe vers le sud, en suivant la grande coupe N.-S.

9° Lorsqu'une galerie en allongement du plissement rencontre un schiste plus ou moins chargé de pyrite de fer, il est très probable qu'en la continuant on atteindra les minerais sulfurés.

10° Partout où il y a contact des calamines avec les minerais sulfurés, ceux-ci ont été transformés en oxydés; et réciproquement, là où existent des oxydés, c'est qu'il y a plus bas des griffons calaminaires.

11° Les filons euritiques étant recoupés par les gisements de minerais sulfurés, on est en droit d'en conclure que les eurites sont antérieures aux sulfures.

VOIES NAVIGABLES ET CHEMINS DE FER

OBSERVATIONS

Présentées dans la séance du 18 mars en réponse à un Mémoire de M. de Nordling

SUR

LE PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMIN DE FER

ET SUR

LA QUESTION DES VOIES NAVIGABLES

PAR

ERNEST PONTZEN

Ingénieur civil

Dans son intéressante communication, faite le 3 décembre dernier, M. de Nordling nous a donné un résumé de son ouvrage publié à Vienne en 1885 sous le titre : *Les prix de revient des transports par chemins de fer et la question des voies navigables en France, en Prusse et en Autriche.*

Lorsque M. de Nordling traite une question, il l'approfondit, et les sujets qu'embrasse l'étude qui nous a été présentée, ne pouvaient que gagner à être traités par un ingénieur aussi éminent.

En terminant sa communication, M. de Nordling blâme ses contradicteurs, qui, au lieu de réfuter ses arguments, cherchent à le représenter comme un adversaire de parti pris des voies navigables.

Ainsi qu'il nous l'a dit, M. de Nordling se trouvait à Vienne lorsqu'il fit l'étude qui nous occupe.

L'Autriche-Hongrie, ce pays que traverse le Danube, un des plus beaux fleuves de l'Europe, est encore très pauvre en voies navigables.

— Pourtant les grandes richesses minérales et agricoles et les facilités d'établissement de canaux, dans certaines parties de ces vastes pays, sont bien encourageantes à créer un réseau de voies navigables, se rattachant à cette grande artère. Cela explique le courant favorable à l'établissement de canaux qui s'est formé depuis un grand nombre d'années en Autriche-Hongrie. Est-on allé trop loin ; a-t-on projeté des voies navigables dans des directions et à travers des pays, à l'encontre de difficultés de terrain, de production et de consommation telles, que ces voies de communication se trouvaient *a priori* condamnées à ne pas pouvoir tenir ce que l'on en espérait ? Ce sont des questions d'espèce, qui ne présentent qu'un intérêt local ; mais qui expliquent, sans la justifier, la passion avec laquelle l'ouvrage, plein de renseignements précieux, de M. de Nordling a été discuté et attaqué, dès son apparition, à la Société des Ingénieurs et Architectes autrichiens, à Vienne.

En portant la question des chemins de fer et des voies navigables devant notre Société, M. de Nordling n'est pas exposé à déchaîner des passions. Nous possédons un réseau de voies navigables qui est déjà considérable ; nous voyons tous les jours son entretien s'effectuer, voire même des efforts faits pour l'améliorer et l'étendre.

J'ai ma part personnelle dans les tentatives faites en Autriche pour le développement de la navigation intérieure ; car, pendant mon séjour dans ce pays, j'ai élaboré le projet d'un canal de 275 kilomètres de long, appelé à mettre le plus grand bassin houiller de l'Autriche en communication avec le Danube, à Vienne.

Tout opposé que soit M. de Nordling aux canaux projetés en Autriche, il n'a pas pu les condamner tous avec la même sévérité et il a accordé des circonstances atténuantes au canal en question, qui eût relié le bassin du Danube à celui de l'Oder.

Si je considérais la navigation intérieure comme l'ennemi des chemins de fer, il m'eût été très pénible, presque impossible, de me consacrer à la tâche de préparer la création d'un canal. Lorsque l'on a servi pendant toute sa carrière la cause des chemins de fer, on ne devient pas l'auxiliaire de ceux qui veulent leur ruine.

Ma conviction est que la navigation intérieure, tout en pouvant rendre de très grands services au public, peut aussi en rendre aux chemins de fer. La navigation ne présente pas les avantages de la continuité, de la régularité et de la célérité des transports, qui sont

le propre des chemins de fer; elle a d'autres avantages, sur lesquels je me permettrai d'appeler l'attention.

Grâce aux particularités de ces deux genres de voies de communication, elles sont prédestinées à s'adresser à une clientèle différente et, s'il y a des articles de transport communs, le partage de ces transports se trouve indiqué par une série de circonstances, telles que: l'importance des expéditions, le prix que l'on attache à la rapidité, la continuité et la régularité des transports, la situation topographique des lieux de production et de consommation, et la saison dans laquelle les transports doivent surtout se faire.

En somme, les chemins de fer et les voies navigables sont, dans beaucoup de cas, des auxiliaires réciproques, et si l'établissement d'un chemin de fer peut être préférable à celui d'une voie navigable dans certains cas, l'inverse peut se produire dans d'autres.

Notre rôle à nous, ingénieurs, n'est pas seulement l'intervention dans le choix du genre de voies de communication et puis l'exécution des travaux; nous avons aussi à organiser et à assurer la meilleure utilisation des voies créées. Dans les chemins de fer, cette dernière tâche de l'ingénieur joue un rôle très important et n'a pas moins contribué aux grands succès des voies ferrées que les progrès faits dans leur construction. Il n'en est pas tout à fait de même pour les voies navigables, pour lesquelles le génie s'est plus particulièrement attaché aux perfectionnements apportés à leur établissement. Le fait que les voies navigables se prêtent mieux que les chemins de fer à être utilisées par tous, c'est-à-dire leur grand avantage de ne pas engendrer la nécessité d'un monopole presque absolu, n'a pas imposé, comme sur les chemins de fer, cette organisation de l'exploitation, qui a été le point de départ de l'intervention des ingénieurs et des progrès réalisés dans le service des transports par chemins de fer.

Sur les voies navigables, tout le monde peut effectuer des transports en se servant de ses véhicules et de la force de traction qui lui convient. La navigation peut, de plus, desservir chaque point qui se trouve sur son parcours et non pas seulement, comme les chemins de fer, les stations, souvent assez éloignées les unes des autres; les voies navigables doivent donc être assimilées aux routes de terre, car elles sont, comme celles-ci, à la portée de tous, et l'on ne saurait pas plus blâmer la suppression du péage sur les voies navigables, qu'on ne blâme celle des péages sur les routes.

Sur les chemins de fer, grâce à la concentration de tous les intérêts entre les mains d'une seule administration, chargée d'effectuer les transports et d'assurer les intérêts de l'entreprise, rien n'est négligé pour créer et développer le trafic dès leur achèvement.

Le développement du trafic sur une nouvelle voie navigable est, par contre, très lent. Dès qu'elle est terminée, on la livre au libre usage des riverains ; mais, sauf quelques rares exceptions, il n'est rien fait pour hâter l'organisation de son utilisation.

Peut-on déduire du fait de la lenteur avec laquelle se produit l'augmentation du mouvement sur une telle voie de communication, abandonnée à l'initiative des nombreux riverains, qu'elle ne répond pas aux besoins? Je ne le crois pas.

Si l'on se bornait de même, pour les chemins de fer, à les construire sans les doter du matériel roulant, sans y organiser le service de l'exploitation, le trafic serait peut-être plus long à s'y porter, à moins qu'une association ne se constitue pour y faire circuler des trains. Que l'on en fasse autant sur les voies navigables, et leur utilité pour les pays traversés se manifestera en peu de temps.

Malgré toutes les imperfections de nos voies navigables, leur situation n'est pas si désastreuse qu'on nous la dépeint, en analysant quelques cas particuliers.

Pour les juger, il faut les envisager dans leur ensemble, et voilà ce que nous trouvons :

La situation des voies navigables en France, au point de vue de leur développement et du tonnage des transports qui se sont effectués en 1883, est la suivante :

DÉSIGNATION DES VOIES NAVIGABLES	LONGUEURS en KILOMÈTRES	TONNAGE		TONNAGE MOYEN ramené au parcours total
		EN TONNES effectives	EN TONNES kilométriques	
Rivières. . (administrés	7.697	8.399.713	1.067.295.647	138.664
Canaux . . (par l'État.	3.918	10.466.118	1.188.646.648	303.381
Rivières et canaux concédés.	923	1.989.132	126.722.465	137.294
TOTAUX ET MOYENNES.	12.538	20.848.963	2.382.664.760	190.035

Les 190,035 tonnes, qui en moyenne parcourent toute la longueur du réseau des voies navigables, se composent pour 36 0/0 de combustibles minéraux, pour 22 0/0 de matériaux de construction, pour 13 0/0 de produits agricoles et denrées, pour 11 0/0 de bois, pour 10 0/0 de produits de l'industrie métallurgique, et enfin pour 8 0/0 de produits divers.

Dans l'approvisionnement de Paris les voies navigables jouent un rôle très important : ainsi 35 0/0 de la houille consommée dans le département de la Seine, soit 1,097,500 tonnes, arrivent par eau, tandis que les chemins de fer amènent 2,034,700 tonnes.

Rien que ce chiffre montre déjà la grande importance de Paris comme port. Le tonnage des ports de Paris (Seine, Ourcq, canal Saint-Martin et canal Saint-Denis) s'est élevé, en 1883, à 5,334,000 tonnes ; il a donc été supérieur à celui des plus grands ports maritimes de la France. Le tonnage de 1883 a été, à Marseille, de 4,668,000 t. ; au Havre, de 2,604,000 t. ; à Bordeaux, de 2,348,000 t. ; soit 87.5 0/0, 50 0/0, 48.8 0/0 du tonnage des ports de Paris.

On a vu que la houille entre pour 20.5 0/0 dans le tonnage des ports de Paris ; mais les matériaux de construction y figurent en première ligne, avec 41 0/0 du tonnage total. Ce ne sont certes pas des articles de transport sur lesquels les chemins de fer, tout en prélevant des taxes supérieures à celles perçues par la navigation, pourraient faire de gros bénéfices.

Chaque fois que l'on discute le prix des matières de grosse consommation, c'est sur la part qui résulte des frais de transport, que se porte tout d'abord l'attention et que des réclamations, plus ou moins fondées, sont élevées contre les tarifs prélevés par les intermédiaires effectuant les transports.

L'augmentation de prix que subissent les marchandises du fait de leur transport, tout en étant inévitable dans la plupart des cas, n'ajoute rien à leur valeur intrinsèque.

Cette considération, jointe à celle que la zone des débouchés des produits s'étend au fur et à mesure de la réduction des prix de transport, explique l'insistance avec laquelle des réductions sur les prix de transport sont réclamées et par les producteurs et par les consommateurs.

La limite inférieure à laquelle les taxes sur les transports peu-

vent être abaissées, est le prix de revient des transports ; car, pour que ceux qui effectuent les transports puissent vivre, il faut que la somme des recettes qu'ils font soit pour le moins égale à la somme des charges qu'ils ont à supporter.

L'étude du prix de revient moyen des transports est donc le point de départ de toute discussion sur le choix des moyens de transport.

Cette étude est une des plus difficiles. Quand même elle pourrait amener la détermination exacte du prix de revient moyen pour l'unité de transport des marchandises, ce ne serait toujours que la moyenne pour toutes les marchandises, et la détermination des prix de revient pour chaque espèce de marchandise présenterait de nouvelles difficultés d'autant plus grandes, qu'une même espèce de marchandise cause des dépenses très différentes, suivant la longueur de son parcours, suivant l'importance des expéditions, suivant la direction dans laquelle se fait son envoi, et maintes autres considérations.

Mais rien que la détermination du prix de revient moyen de tous les transports de marchandises par un chemin de fer présente déjà une grande difficulté, du fait de la distinction entre les charges afférentes au transport des voyageurs et des messageries et celles imputables aux marchandises. Il faut en venir à des ventilations plus ou moins arbitraires, et les résultats restent toujours entachés des procédés employés, qui n'excluent pas les préférences pour tel ou tel article de transport.

De plus, peu importe au consommateur ou au producteur, de savoir à quel prix on pourrait, à la rigueur, effectuer les transports ; ce qui lui importe, c'est de savoir sur quels tarifs il peut compter.

Qu'il me soit donc permis, avant d'aborder la question des prix de revient des transports, d'envisager ce qui se passe en réalité ; c'est-à-dire *à quels prix se font les transports, comment se partagent certains transports entre les voies navigables et les chemins de fer,* là où le public peut, à volonté, se servir de l'un ou de l'autre de ces moyens de transport, et *quel est l'effet réciproque de ces voies de communication.*

Le transport par chemins de fer a, ainsi que je l'ai dit, sur celui par voies navigables les grands avantages de la régularité, de la plus

grande rapidité et de la continuité. Si, néanmoins, une bonne part des transports, pouvant librement choisir entre les deux voies de transport, prend celle des voies navigables, il est permis d'en conclure que la navigation demande des prix de transport moindres, et que les chemins de fer ne peuvent ou ne veulent pas abaisser leurs tarifs à un taux qui approche de ceux de la navigation.

Si, pour toutes les marchandises, les transports par chemin de fer pouvaient être substitués avec avantage aux transports par voies navigables, il eût suffi d'ouvrir un chemin de fer le long d'un canal ou d'une rivière navigable, pour anéantir le trafic par eau. Il n'en est rien.

En France, de même que dans la plupart des pays de l'Europe, le Gouvernement exerce une grande influence sur la question des chemins de fer.

L'Etat fait des sacrifices pour les voies ferrées ; il est donc dans son droit d'exiger en retour certaines concessions qu'il juge favorables au développement industriel, commercial et agricole du pays. Mais cette ingérence dans la fixation des tarifs porte souvent les chemins de fer à s'écarter de ce que j'appellerai les lois naturelles de l'établissement des tarifs.

Je passe donc volontiers, pour citer des exemples de l'effet produit par les chemins de fer et les voies navigables, aux États-Unis, où les chemins de fer jouissaient, jusqu'au vote tout récent du bill sur l'*interstate commerce*, d'une grande liberté.

Dans sa communication, M. de Nordling a bien voulu, en disant quelques mots des voies navigables de ce vaste pays, vous renvoyer à l'ouvrage : *Les chemins de fer en Amérique*, que j'ai publié en collaboration avec mon regretté ami, l'ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, M. Lavoinne.

Dans l'ouvrage publié en 1885 à Vienne, M. de Nordling cite même des passages de notre travail pour prouver qu'aux États-Unis, les canaux ont aussi fait leur temps.

Les citations se terminent par la suivante (tome II, page 302) :

« Les chemins de fer tendent donc partout, grâce à l'abaissement » de leurs tarifs, à l'élasticité, à la continuité et à la régularité » de leur trafic, à l'emporter sur les voies navigables, malgré la » diminution considérable du prix de transport sur ces voies, qui

» était par tonne et par kilomètre de 0 fr. 027, il y a dix ans, et » qui n'est plus que de 0 fr. 013 aujourd'hui. »

Pour bien préciser notre appréciation de ces deux moyens de transport, je me permets d'ajouter que nous terminions nos réflexions par l'alinéa suivant, qui n'a pas été reproduit par M. de Nordling :

« Les matières pondéreuses et de peu de valeur, comme les mine- » rais et les charbons, sont les seules marchandises pour le trans- » port desquelles elles (les voies navigables) conservent un avantage » marqué, surtout pour les grandes distances. »

Qu'il me soit permis de démontrer, par une autre citation, que je ne m'écarte pas des idées partagées par mon éminent collaborateur, en attribuant un rôle utile aux voies navigables.

Nous disions (tome I, page 37) :

« L'action modératrice des canaux sur les tarifs de transport n'a » pas d'ailleurs pour cela complètement cessé : au lieu de se pro- » duire directement comme dans le principe, elle s'exerce mainte- » nant par l'intermédiaire des Compagnies de chemins de fer deve- » nues propriétaires ou fermières de canaux, auxquelles l'emploi de » ces voies navigables pour le transport des matières pondéreuses » permet d'abaisser leurs tarifs, de manière à soutenir la concur- » rence tant entre elles qu'avec les Compagnies exploitant unique- » ment des voies ferrées. »

Je ne continuerai pas à puiser dans l'ouvrage cité les arguments pour démontrer le rôle utile des voies navigables; mais je crois devoir signaler quelques chiffres, trouvés récemment dans des documents américains, pour montrer que les canaux, comme auxiliaires des chemins de fer, rendent d'excellents services au public.

On sait que Chicago expédie des quantités très considérables de blé à New-York. Ces transports peuvent s'effectuer, soit entièrement par chemins de fer, ce qui représente un parcours de 1,470 kilomètres, soit par voie mixte, c'est-à-dire sur les lacs jusqu'à Buffalo et, de là, par chemin de fer à New-York, soit enfin entièrement par les voies navigables : lacs, canal de l'Érié et Hudson, présentant un parcours de 2,240 kilomètres environ.

Les moyennes des prix payés de 1880 à 1883, par tonne transportée de Chicago à New-York, ont été, pour le transport par

chemins de fer 28 fr. 13 ; pour le transport mixte, 22 fr. 93, et, pour le transport par voies navigables 18 fr. 67.

Les prix moyens, payés par tonne kilométrique, s'établissent, en partant de la distance de transport par voie ferrée, comme suit :

	Centimes	Rapport en 0/0
Par chemins de fer	1. 90	100
Par voies mixtes	1. 56	82
Par voies navigables	1. 27	67
Et en tenant compte du trajet réel par les voies navigables	0. 83	44

Bien que la voie ferrée n'ait que 65 0/0 de la longueur de la voie navigable, le prix moyen du transport a été de 51 0/0 supérieur à celui par voie navigable.

Mais il y a un autre point intéressant à relever : c'est que les tarifs des chemins de fer ont été très variables. Ils baissaient, lorsque la navigation était ouverte, pour remonter pendant les interruptions de la navigation.

Ainsi, en 1879, le prix du transport par chemin de fer d'une tonne de blé de Chicago à New-York a varié de 11 fr. 04 à 44 fr. 15, soit par tonne kilométrique de 0 centime 75 à 3 centimes.

Il est certain que le tarif de 0 cent. 75 n'était pas rémunérateur pour les chemins de fer.

Malgré l'abaissement progressif du prix de revient des transports, le chemin de fer de New-York Central et Hudson River estime que le transport d'une tonne de marchandises à un kilomètre lui coûtait encore en 1883, en moyenne, sans comprendre ni les intérêts du capital, ni les frais généraux, 1 cent. 50. En ajoutant ces éléments du prix de revient, le transport d'une tonne à un kilomètre coûtait environ 2 centimes.

Dans le courant de l'année 1869, le prix perçu par les voies navigables pour le transport d'une tonne de blé, de Chicago à New-York, avait été en moyenne de 45 fr. 07, et celui perçu par les chemins de fer, de 66 fr. 40. Ces prix ont baissé de 30 et 35 francs environ, dans l'espace de 14 ans ; car, en 1883, on

payait en moyenne 15 fr. 85 sur les voies navigables et 31 fr. 20 sur les chemins de fer par tonne de blé transportée de Chicago à New-York.

Il est hors de doute que ces grandes réductions des tarifs n'ont été obtenues que grâce à la coexistance des voies navigables et des chemins de fer.

En 1883, les chemins de fer qui se partagent les transports de Chicago à New-York ont transporté environ 42 millions de tonnes. Quant à la quantité de tonnes prenant la voie navigable, elle est moins facilement relevée que celle prenant les chemins de fer; les uns parlent de 3, les autres de 5 millions. Du reste, peu importe le nombre exact de tonnes de blé ayant voyagé sur les canaux. Le fait, que les chemins de fer, aiguillonnés par l'existence des canaux, se sont attachés à rechercher l'économie dans leur exploitation et qu'ils ont profité des succès obtenus dans cette voie, pour baisser considérablement leurs tarifs, justifierait déjà à lui seul les dépenses faites pour la construction des voies navigables.

Chaque franc de réduction sur les prix payés aux chemins de fer représentait déjà, en 1883, environ 40 millions d'économie sur les dépenses supportées annuellement par le public.

Le rôle du canal de l'Érié dans les transports des blés, qui affluent vers la côte de l'Atlantique, ne se borne pas à celui de modérateur des prix, qui, dans une certaine mesure, pourrait être rempli par les divers chemins de fer se disputant ces mêmes transports. Le canal transporte des quantités considérables; il les transporte à des prix moindres et c'est à lui que le port de New-York, de l'aveu de M. Albert Fink, doit une grande partie de sa prépondérance sur les autres ports de l'Atlantique.

M. Albert Fink est l'homme le plus influent et le plus compétent en fait de tarifs de chemin de fer. — Il est le directeur de l'Association des chemins de fer principaux (*Trunk-lines*) qui se sont partagé jusqu'ici, sous sa direction, d'après des règles élaborées par lui, le trafic, en se conformant aux tarifs qu'il approuvait.

M. Fink ne peut, certes pas, être suspecté d'être hostile aux chemins de fer.

D'après lui les arrivages de blé dans les cinq grands ports de l'Atlantique : New-York, Baltimore, Philadelphie, Boston et Mont-

réal, ont atteint en 1880 environ 124,081,000 hectolitres, sur lesquels 86,467,000 hectolitres ont été exportés.

Les arrivages se répartissent comme suit entre lesdits ports :

New-York	49.51 0/0
Baltimore	17.76 —
Philadelphie	14.43 —
Boston.	10.88 —
Montréal	7.42 —
	100.—

Pour expliquer la large part qui revient au port de New-York, M. Fink dit : « Il possède par les canaux l'avantage de transports » meilleur marché. » — Et il poursuit : « Le canal de l'Erié amène à » New-York dans les sept mois qu'il est généralement ouvert, une » grande partie des blés qui arrivent dans ce port. En 1883, il » amena environ 25 1/2 millions d'hectolitres, soit 40 0/0 des arri- » vages à New-York, ce qui correspond à 20 0/0 de la totalité » des arrivages dans les cinq grands ports de l'Atlantique. »

D'après « *The Railroad Gazette* » du 25 février 1887, les arrivages de blé à New-York se répartissaient, en 1886, comme suit, entre les voies navigables et les chemins de fer :

Dans la période de mai à novembre 1886 (7 mois) :

	Hectolitres		0/0	
Par chemins de fer.		11.270.510		41,9
Par canal	15.369.280	15.638.870	57,1	58,1
Par cabotage.	269.590		1,0	
		26.909.410		100,0

Pour toute l'année 1886 :

	Hectolitres		0/0	
Par chemins de fer.		20.859.200		56,8
Par canal	15.501.940	15.926.180	42,1	43,2
Par cabotage.	424.240		1,1	
		36.785.380		100,0

Les efforts faits pour attirer sur les chemins de fer les transports de blé ne sauraient être mieux dépeints qu'en rappelant qu'en 1879

les tarifs pour le transport d'une tonne de Chicago à New-York ont été successivement, en :

Janvier . . . . Fr .	38.63	Juin. . . . . Fr.	19.32
Février	22.07	Août	30.35
Mars	19.87	Octobre	38.63
Avril	16.56	Novembre	44.15
Mai.	11.04		

On voit que, surtout à l'approche de l'ouverture de la navigation, les chemins de fer ont fait de grands sacrifices, sauf à se rattraper dès l'approche de l'hiver.

Les variations des tarifs de chemins des fer ne sont plus aussi considérables depuis lors; ainsi en 1884, ils n'ont varié qu'entre 33 fr. 11 c. et 16 fr. 56.

Le partage des transports peut être altéré pendant quelque temps par des efforts et des sacrifices faits par les puissantes entreprises de chemins de fer; mais il finit toujours par s'établir d'après la loi économique, que les produits pauvres, c'est-à-dire pondéreux, prennent de préférence la voie la moins coûteuse, c'est-à-dire les voies navigables et ne recourent aux chemins de fer que pour les transports ne pouvant pas attendre l'ouverture de la navigation ou devant être effectués avec régularité et à une vitesse supérieure.

Les expéditions faites de Chicago vers l'Est se sont réparties, en 1880, comme suit, entre la navigation et les chemins de fer :

	TONNAGE		RAPPORT EN 0/0	
	PAR EAU	SUR RAILS	PAR EAU	SUR RAILS
Grains.	2.713.631	1.480.508	64,7	35,3
Produits animaux	74.839	1.420.438	5,0	95,0
Autres produits	»	674.298	»	100
	2.788.470	3.575.244	43,8	56,2

Dans la même année, les expéditions faites de Saint-Louis vers le Sud se sont partagées comme suit :

Par le Mississipi	Sur rails
820.555	671.661
(54.9 0/0)	(45.1 0/0)

Dans la direction opposée, c'est-à-dire les arrivages à Saint-Louis venant du Sud ont, par contre, été répartis :

238.940	1.614.637
(12.9 0/0)	(87.1 0/0)

Cette préférence marquée, donnée aux chemins de fer pour les transports dirigés vers le Nord, tient à la fois à la valeur supérieure des marchandises suivant cette direction et à l'irrégularité et la durée plus grande des transports remontant le fleuve.

Sur le canal de l'Érié, on percevait autrefois un péage d'environ 2 centimes par tonne kilométrique. Il a été baissé et enfin supprimé en 1882.

Peut-on dire que depuis lors le capital engagé dans ce canal, estimé à environ 245 millions de francs, ne rapporte plus? Les chiffres et faits que je viens de citer sont la négation la plus catégorique d'une telle assertion.

L'économie réalisée sur les transports effectués par ce canal et la réduction des tarifs provoquée sur les chemins de fer représentent largement les intérêts de ce capital.

Mais quand bien même ce résultat numérique n'aurait pas été atteint, est-il permis de dire qu'il eût été préférable de consacrer une annuité, même moindre que l'insuffisance du rapport d'une voie navigable récemment créée, pour acheter à un chemin de fer la concession de tarifs qui ne couvrent pas ses frais?

— Je le conteste de la façon la plus absolue.

Grâce au développement que prendrait le trafic, sous le bénéfice des tarifs réduits, au prix de la subvention détournée des voies navigables, le montant nécessaire pour couvrir les insuffisances irait en augmentant d'année en année.

Si ce secours venait à être supprimé ou si seulement il ne progressait pas dans une certaine mesure avec le trafic, les tarifs devraient nécessairement être haussés et les industries et transactions, qui auront pris naissance sous le bénéfice des transports bon

marché, se trouveraient poussées vers une crise qui, pour bon nombre d'entre elles, aboutirait à la ruine. Ce serait certes un emploi malheureux des deniers des contribuables.

Tout en admettant que, pour les débuts, les capitaux engagés dans la création ou l'amélioration de voies navigables ne rapportent souvent pas, par la réduction des frais de transport et par l'augmentation de la valeur des pays traversés, des avantages correspondant aux intérêts de ces capitaux, il est toutefois hors de doute que cet écart ira en diminuant d'année en année.

Le développement des industries et du commerce se produira peut-être moins vite le long d'une nouvelle voie navigable, que le long d'un chemin de fer, auquel on servirait une subvention proportionnelle au trafic à tarif réduit au-dessous du prix de revient; mais ce développement lent se fera sur une base sûre et il ne sera pas exposé à conduire à des cataclysmes.

Si c'est par une voie navigable que l'on ouvre l'accès à des contrées dépourvues de moyens de transport perfectionnés, le développement de la production et de la consommation amènera nécessairement, dans la suite des temps, la construction d'une ligne ferrée, mieux appropriée aux transports des produits de l'industrie et des voyageurs que les voies navigables.

Il y a des cas dans lesquels les voies navigables sont une nécessité, d'autres dans lesquels elles sont admissibles, d'autres enfin dans lesquels elles n'auraient pas de raison d'être. Le tout est de bien se rendre compte du caractère particulier de chaque moyen de transport et de l'employer en conséquence.

En France, nous sommes encore bien loin de la réalisation du vœu de voir fermer les voies navigables et de consacrer les économies faites sur leur entretien à augmenter les secours donnés aux chemins de fer, pour leur permettre d'établir des tarifs approchant de ceux que peuvent faire des bateliers ou des entreprises de transport par eau. Il n'y a donc pas lieu de nous émouvoir de telles propositions.

Le chemin de fer du Nord, qui exploitait, en 1884, une longueur moyenne de 3,345 kilomètres, a effectué à petite vitesse un trafic de 1,863,836,218 tonnes kilométriques de marchandises, dont 882,925,437 » c'est-à-dire les 47.4 °/₀, étaient formés par les transports de houille et de coke, qui ont en

moyenne rapporté au chemin de fer 3 cent.60 par tonne et par kilomètre, tandis que le tarif moyen des autres marchandises était de 7 cent. 2, soit en moyenne 5 cent. 40 par tonne kilométrique pour des parcours moyens de 105 kilomètres.

Malgré le tarif très bas accordé à la houille, les voies navigables du Nord, qui pourtant laissent beaucoup à désirer sous le rapport de leur établissement, de leur outillage et surtout sous le rapport de l'organisation, n'ont pas cessé de concourir efficacement aux transports des matières pauvres.

En 1883, le canal de Saint-Quentin transportait :

1.385.880 tonnes de combustible minéral;
261.453 — matériaux de construction;
122.526 — produits agricoles et denrées alimentaires.

En ajoutant les transports de bois, de produits de l'industrie métallurgique et les transports divers, on trouve que le tonnage total du canal de Saint-Quentin était de 2,012,190 tonnes.

Au dire d'hommes très compétents, ce canal était arrivé à la limite de sa capacité et il suffirait d'améliorer les conditions de navigation, pour qu'une augmentation sensible du trafic par voie navigable se produise.

La statistique publiée par le ministère des Travaux publics, à laquelle ces chiffres sont empruntés, montre que, pour la même année, le tonnage de la ligne de Saint-Quentin du chemin de fer du Nord était de 1,803,048 tonnes.

J'ai pu constater dans divers cas que, si la totalité des transports analogues, effectués dans la même direction concurremment par voie navigable et par chemin de fer, subit une augmentation, le partage entre ces deux moyens de transport se maintient à peu près dans le même rapport. — On ne peut donc pas dire que les voies navigables aient enlevé aux chemins de fer leur trafic.

Je citerai quelques chiffres empruntés aux transports de houille du bassin de Cumberland (État de Maryland), effectués par le canal de Chesapeake à l'Ohio, et par le chemin de fer de Baltimore à l'Ohio, auquel le chemin de fer de Pensylvanie est venu se joindre en 1872 pour desservir ce même bassin houiller.

ANNÉES	TONNAGE DES TRANSPORTS par CHEMINS DE FER	TONNAGE DES TRANSPORTS par LE CANAL	RAPPORT DU TONNAGE par canal à celui par chemin de fer %
1869	1.230.518	652.151	53,0
1872	1.539.368	816.103	53,0
1875	1.462.935	879.838	60,1

Un exemple plus récent, puisé dans une notice fort intéressante de M. Baum, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1883.—2.—79) montre à la fois l'importance du trafic sur l'Elbe et le rapport dans lequel se fait le partage entre les chemins de fer et cette voie navigable, pour les expéditions et arrivages de Hambourg, pendant dix ans.

ANNÉES (MOYENNES)	EXPÉDITIONS ET ARRIVAGES PAR AN par CHEMINS DE FER	EXPÉDITIONS ET ARRIVAGES PAR AN PAR LA NAVIGATION de l'Elbe	RAPPORT DU TONNAGE par l'Elbe à celui par chemins de fer %
1871 à 1875	541.221	327.409	60
1876 à 1880	1.111.845	624.609	56
1879	1.120.300	705.290	63
1880	1.289.596	824.541	64
1881	1.276.496	926.595	73

M. Baum attribue en grande partie à la régularité et à la célérité imprimées à la navigation, par l'extension donnée à la navigation à vapeur et au touage, le fait que les transports par voie navigable vont en croissant. Quant aux tarifs, ils ont toujours été plus bas sur les voies navigables que sur les chemins de fer.

Pour les transports de Dresde à Hambourg, M. Baum cite des exemples, dont il ressort, que si l'on désigne par 100 le tarif payé en moyenne sur chemins de fer, ceux payés sur l'Elbe étaient: pour le service express, 49; pour le service ordinaire, 33.

Tout en ajoutant grande importance à l'enseignement que four-

nit l'observation des faits cités, je dois m'arrêter dans leur énumération et aborder l'examen de la question du prix de revient des transports.

De prime abord, tout ingénieur est tenté de dire que les transports par eau doivent être moins coûteux que ceux par voie de terre ou sur voie ferrée ; car il a présent à sa mémoire les grandes différences des résistances à la traction, suivant que le poids à traîner flotte dans l'eau ou roule sur une chaussée ou sur des rails.

Mais la question n'est pas déjà aussi simple et les grands perfectionnements apportés dans l'utilisation de la force de traction des locomotives ont singulièrement changé en pratique les rapports entre effort de traction et charge traînée.

Un élément que les perfectionnements dans les chemins de fer n'ont toutefois pas pu altérer sensiblement, et qui vient puissamment contribuer à l'économie des transports par voies navigables, c'est le rapport entre le poids utile et le poids des véhicules, effectuant les transports.

Ainsi que le dit M. Guillemain, inspecteur général des Ponts et Chaussée, dans son ouvrage : « *Rivières et Canaux* » :

« Le poids mort du matériel roulant atteint 60 % du poids utile » sur les chemins de fer ; il n'est que de 15 % sur les canaux. » Au cas de retour à vide, l'avantage pour les canaux est encore » plus grand ».

Cet avantage ne se traduit pas seulement par la réduction du poids à déplacer ; mais il contribue à expliquer pourquoi le matériel mobile représente un capital infiniment moindre pour la navigation intérieure que pour les chemins de fer.

La grande capacité des bateaux leur permet, de plus, de venir, dans une certaine mesure, en aide à l'emmagasinement, ce qui maintient malgré les chomages et la lenteur des transports par eau, cette supériorité.

Un ingénieur qui, je ne sais pour quel motif, n'a pas apposé son nom sur une étude comparée très intéressante des canaux et des chemins de fer, publiée en 1881 à Bordeaux, et qui a cherché à prouver combien on aurait tort de construire en France de nouveaux canaux, relève que le capital engagé dans les chemins de fer, pour matériel roulant, est de 8 centimes par tonne kilométrique, tandis que le capital engagé dans le matériel flottant d'un

canal n'est que d'environ 3 centimes pour la même unité de transport.

Le capital engagé dans le matériel servant à recevoir les marchandises est de beaucoup inférieur à celui nécessité pour l'établissement des voies de transport; il n'y a donc pas lieu de s'y arrêter davantage.

Quant au capital engagé dans l'établissement des chemins de fer il est, d'après les renseignements statistiques publiés par le ministère des Travaux publics pour 1883, de 11,481,968,854 francs; le trafic sur les 26,692 kilomètres de chemins de fer d'intérêt général a été de :

11.064.711.020 tonnes kilométriques et
7.039.667.318 voyageurs — soit :

18.104.378.338 unités kilométriques, ce qui fait ressortir à 63 cent. 42 le capital engagé par unité de transport, transportée à un kilomètre.

En examinant le prix de revient des transports, la part à affecter au payement des intérêts et des amortissements du capital engagé dans l'établissement de la voie de transport, ne peut pas être passée sous silence.

Cela s'applique aussi bien aux transports par canaux qu'à ceux par chemins de fer.

Eu égard aux avantages de toute nature et pour des considérations que je n'ai pas à examiner, un État peut faire abandon de l'intégralité ou d'une fraction des intérêts du capital par lui employé pour l'établissement ou l'amélioration d'une voie navigable, c'est-à-dire supprimer ou réduire à un taux très bas le péage sur les voies navigables; cela n'altérera en rien la marche à suivre pour l'établissement du prix de revient du transport. Il devra toujours se composer des dépenses d'exploitation proprement dites et de la quote-part des intérêts et amortissements mis à la charge de l'unité transportée à un kilomètre.

Ce n'est qu'en envisageant dans son ensemble le prix de revient du transport, que l'on pourra, suivant que le trafic futur probable sera plus ou moins considérable, trouver la juste mesure des dépenses pouvant raisonnablement être consacrées à l'amélioration des conditions d'exploitation.

Cette question a été admirablement traitée devant la Société des Ingénieurs civils en 1863, par Eugène Flachat.

Si l'on négligeait, dans l'établissement des prix de revient des transports, la quote-part relative au capital engagé, on se trouverait conduit, quel que soit le trafic probable de la voie de communication, à la construire, coûte que coûte, dans les meilleures conditions pour l'exploitation économique.

Si c'est un chemin de fer, on n'admettrait ni fortes pentes ni fortes courbures; si c'est un canal, on exigerait des biefs très longs, grande largeur et tirant d'eau considérable. Les frais d'exploitation proprement dits seraient réduits, mais le prix de revient atteindrait ainsi des chiffres exorbitants.

De fait, on peut constater que, presque sur tous les chemins de fer, le prix de revient du transport va en diminuant.

Cette diminution du coût de transport doit être attribuée à la fois à l'augmentation du trafic et aux perfectionnements apportés dans l'exploitation; il n'est toutefois pas possible de préciser la part à attribuer à chacune de ces causes.

Seule, l'augmentation du trafic peut être exprimée en chiffres; quant aux progrès notables réalisés dans l'exploitation, ils sont incontestables.

Les mémoires pleins d'intérêt et de renseignements précis, présentés à la Société des Ingénieurs civils par nos collègues, MM. Desgrange et Gottschalk sur le service de la traction des chemins de fer du sud de l'Autriche, n'ont pas été oubliés. Ils montrent dans quelle mesure les perfectionnements, introduits par eux dans le service qu'ils ont successivement dirigé, ont fait baisser le prix de revient.

Je citerai, de plus, un fait relevé par le rapport sur l'exploitation des 4,616 kilomètres de chemins de fer de l'État de Massachusets.

Sur ces lignes, la charge moyenne des trains a augmenté, de 1879 à 1886, de 57 voyageurs ou 89 tonnes de marchandises, à 66 voyageurs ou 113 tonnes de marchandises, soit d'environ 22 0/0 et néanmoins le prix moyen du train-kilomètre a été, en 1886, le même qu'en 1879.

Je ne songe pas à contester la réduction du prix de revient par l'augmentation du trafic; mais je tiens à rappeler que ce n'est pas

uniquement à cette cause que doit être attribuée la diminution du prix de revient du transport par chemin de fer.

M. de Nordling admet, jusqu'à un certain trafic, que la quote-part des intérêts et de l'amortissement soit ajoutée aux dépenses d'exploitation proprement dites; mais il pose en principe que pour une tonne en plus, il n'y a qu'à envisager le surplus des dépenses d'exploitation.

C'est contre ce raisonnement que je crois devoir protester, tant dans l'intérêt des chemins de fer que dans l'intérêt du public, qui, s'il voyait les chiffres auxquels on arrive par ce raisonnement, deviendrait encore plus exigeant.

En parlant du prix de revient des transports, nous envisageons toujours les moyennes, et les tarifs pourront s'abaisser, pour certaines marchandises, pour certains parcours et certaines quantités, au-dessous de ces moyennes et les dépasser pour d'autres. Mais on ne pourra jamais établir un tarif jusqu'à concurrence de tel trafic total, en accordant une réduction considérable à tout supplément.

Plus le trafic augmentera sur un chemin de fer, plus le prix de revient baissera. D'abord, parce que les frais d'exploitation n'augmentent pas proportionnellement avec le trafic; puis, parce que les charges résultant du capital engagé, incombant à chaque unité, diminuent avec le trafic croissant. Ces avantages seraient entièrement supprimés pour le trafic préexistant à celui, à partir duquel M. de Nordling croit pouvoir n'appliquer que le tarif correspondant au supplément des dépenses d'exploitation.

Mais il y a à relever, de plus, que, si le raisonnement fait pour une tonne à transporter en sus d'un trafic donné était admissible, c'est-à-dire que s'il était permis de ne considérer comme prix de revient de ce transport supplémentaire que le surplus des frais d'exploitation, il n'en sera plus de même pour une augmentation sensible du trafic.

Dans des exemples cités par M. de Nordling, je vois des augmentations de 30 à 54 0/0 du nombre d'unités transportées. Avec des accroissements aussi considérables, le service de l'exploitation en sera pas le seul à enregistrer une augmentation des dépenses; il y aura aussi une augmentation du capital, car il faudra étendre les voies et les bâtiments des stations, peut-être poser une voie de

plus, augmenter le matériel, etc., etc. Certes, les intérêts et l'amortissement de ce supplément devront être supportés par le trafic. En suivant le système de M. de Nordling, c'est au supplément de trafic qu'incomberaient ces charges.

Inutile d'entrer dans ces divisions du trafic, en trafic préexistant et trafic additionnel, pour prouver que les prix de revient du transport baissent avec l'augmentation du trafic; c'est un fait incontesté, tant pour les chemins de fer que pour les voies navigables.

Inutile de démontrer qu'une tonne à transporter en sus d'un trafic donné ne coûte pas cher. Les chemins de fer le savent aussi bien que les autres entreprises de transport. Ils poussent plus loin en faisant des distinctions entre les directions, etc., etc. Là, où ils savent que les marchandises ne peuvent pas supporter des tarifs plus élevés, ils vont à des limites qui sont loin d'atteindre les moyennes, comprenant les intérêts et amortissements; mais ce n'est pas sur ces chiffres exceptionnels qu'il est permis de se baser pour comparer les prix de revient des divers moyens de transport.

C'est comme si, pour dire jusqu'à quelles limites peuvent descendre les tarifs des transports par voies navigables, je citais le prix du transport par stère, d'un radeau descendant une rivière.

Un chemin de fer arrivé, par des tarifs raisonnables, à couvrir les frais d'exploitation et les intérêts et amortissement, se trouve dans la possibilité de baisser la *moyenne* de ses tarifs et il agira au mieux de ses intérêts et de ceux du public, en accordant certaines réductions, en commençant par réduire les tarifs dont la réduction promet de développer le trafic des marchandises dégrevées.

Si, au lieu d'agir ainsi avec discernement, il entrait dans les idées du prix de revient déduit du surplus des dépenses, pour établir les tarifs du trafic croissant, il ne pourrait pas limiter ces réductions au trafic additionnel, et il subirait des pertes sur une grosse part de ses transports. A moins de se rattraper sur d'autres articles de transport, pour refaire la moyenne générale, il se ruinerait. Pour s'arrêter dans la mauvaise voie, il sera forcé de relever sous peu ses tarifs, ce qui est toujours fâcheux pour le commerce et crée plus de mécontents qu'un abaissement lent, mais constant.

J'ai réuni dans le tableau qui se trouve plus loin, un certain

nombre d'indications sur les prix de revient moyens et les tarifs appliqués, par divers chemins de fer, à des époques différentes, correspondant à des trafics très variés.

Ce tableau montre que le tarif moyen par tonne et par kilomètre a été, en 1872, sur le chemin de fer de l'Érié de 4 cent. 68 et qu'il n'a été, en 1885, que de 2 cent. 02 sur les mêmes lignes, figurant sous le nom de New-York-Lake-Erié and Western R. R. Le trafic avait monté de 792,000 à 1,907,000 tonnes à toute longueur. Ces 1,907,000 tonnes comprenaient 1,012,000 tonnes de marchandises diverses et 895,000 tonnes de houille ; le tarif moyen appliqué à ces premières avait été de 2 cent. 35, celui de la houille, de 1 cent. 64.

Le tarif moyen de 2 cent. 02 se compose des frais d'exploitation.	1 cent. 37	soit 68 0/0 c.
et des intérêts et amortissements . . .	0 — 65	— 32
Ensemble	2 cent. 02	100

Il est bien évident que le tarif moyen des houilles eût pu être réduit au-dessous de 1 cent. 64, même au-dessous de 1 cent. 37, si l'on n'avait voulu faire payer à la houille que le supplément des frais d'exploitation ; mais alors le tarif moyen des autres marchandises eût dû être supérieur à 2 cent. 35, et il est permis de croire que le chemin de fer a bien compris ses intérêts en faisant une répartition équitable de ses charges. Il est vrai que les voies navigables concurrentes eussent peut-être perdu une part plus considérable de leur trafic, si le chemin de fer eût abaissé ses tarifs au taux correspondant au prix supplémentaire de l'exploitation ; — mais cela n'eût guère profité aux finances du chemin de fer, tout en pouvant causer, à certains moments, des difficultés pour le maintien d'un service régulier et sûr sur la voie ferrée.

La détermination du prix de revient moyen du transport, par chemin de fer, d'une unité, c'est-à-dire d'une tonne ou d'un voyageur, à un kilomètre de distance, a fait l'objet de nombreuses études. Notre regretté Président, M. Marché, nous a entretenus de cette question en 1880 ; M. Baum, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a consacré plusieurs mémoires fort instructifs à la même question ; M. O Chanute en a entretenu la Société américaine des Ingénieurs civils ; M. Alb. Fink a fait paraître une série d'études et de relevés

sous le titre « *Cost of transportation* », et beaucoup d'autres ingénieurs également compétents se sont livrés à ces études.

Mais le prix de revient moyen ne donne nulle indication sur les tarifs à appliquer à tel ou tel autre trafic ; il dit seulement la limite inférieure au-dessous de laquelle la *moyenne générale des tarifs* ne doit pas descendre.

Ainsi que je l'ai déjà dit, l'importance du trafic exerce une grande influence sur les prix de revient ; mais les conditions dans lesquelles les chemins de fer se trouvent établis, la nature du trafic et la bonne organisation du service de l'exploitation contribuent à exercer une influence non moins grande sur la valeur absolue des prix de revient à égalité de trafic.

Quant aux chiffres trouvés par M. de Nordling, montrant le supplément de dépenses d'exploitation résultant de l'accroissement du trafic, ils ne fournissent aucune indication sur les tarifs pouvant être appliqués. C'est la moyenne générale qu'il faut envisager et quant aux suppléments de trafic, on peut, suivant leur nature, leur appliquer des tarifs supérieurs à cette moyenne, ou bien des tarifs beaucoup plus bas; ce n'est toujours pas la dépense supplémentaire pour l'exploitation qui servira de base à cette détermination.

Le tableau ci-après fournit des indications intéressantes sur les chiffres absolus, sur la composition et sur les conditions dans lesquelles ont été trouvés certains prix de revient du transport par chemin de fer.

Autant, et peut-être même plus, que pour les chemins de fer, le prix de revient du transport par voies navigables varie avec l'intensité du trafic.

La distance moyenne des transports exerce une influence plus considérable sur le prix de revient des transports par voies navigables que sur celui du transport par chemin de fer, parce que le temps, pendant lequel le matériel flottant reste immobilisé pour effectuer les chargements et les déchargements, est plus considérable que celui consacré aux mêmes opérations par le matériel roulant des chemins de fer. Plus les parcours sont longs, moins le chômage forcé du matériel et du personnel attaché à ce matériel grèvera le prix de revient.

DÉSIGNATION des CHEMINS DE FER	NEW-YORK CENTRAL RAILROAD	ERIE R. R.	LAKE-SHORE ET MICHIGAN SOUTHERN R. R.	SOCIÉTÉ AUTRICH. DES CHEMINS DE FER DE L'ÉTAT	CHEMIN DE FER DU NORD	CHEMIN DE FER DE LA THEISS	ANCIENS RÉSEAUX DES CHEMINS DE FER	CHEMINS DE FER D'INTÉRÊT GÉNÉRAL	CHEMIN DE FER DU NORD	NEW-YORK-LAKE ERIE ET WERSTERN R. R.
PAYS.	États-Unis.	États-Unis.	États-Unis.	Autriche-Hongrie	Autriche.	Hongrie.	France.	France.	Autriche.	États-Unis.
Années	1872	1872	1872	1865-1873	1873	1875	1881	1883	1885	1885
Longueur en kilomètres. . .	2.109	1.932	1.931	1324 à 1392	626	585	10.167	26.304	767	1.733
Tonnes transportées à toute longueur.	779.200	792.000	740.300	446.870	1.032.860	196.000	836.380	433.740	1.471.610	1.907.000
Frais d'exploitation par tonne kilométrique. . . . . Cts.	3,18	3,17	2,90	2,42	3,25	3,12	2,40	3,29	1,76	1,37
Intérêts et amortissements par tonne kilométrique. . Cts.	»	»	»	2,75	1,26	»	1,86	»	1,62	»
Prix de revient par tonne kilométrique. . . . . Cts.	»	»	»	5,17	4,51	»	4,26	»	3,38	»
Tarif moyen par tonne kilométrique. . . . . Cts.	4,87	4,68	4,10	7,50	»	»	5,76	5,73	4,38 (1)	2,02 (2)

(1) Les tarifs pour les houilles variaient, pour des parcours supérieurs à 100 kilomètres, suivant les distances de transport, entre 2,74 cts et 3,80 cts par tonne kilométrique. — (2) Le tarif moyen des houilles était de 1,64 cts ; celui des autres marchandises de 2,35 cts par tonne kilométrique.

Pour opérer la traction sur les chemins de fer envisagés, on se sert exclusivement de la locomotive ; sur les voies navigables, la locomotion s'opère des façons les plus variées : les bateaux sont halés par des hommes ou par des attelages, ils sont remorqués par des bateaux à vapeur se déplaçant à l'aide d'hélices ou de roues à aubes ou bien au moyen d'un tambour pouvant à volonté prendre une chaîne ou un cable noyés au fond du chenal ; souvent enfin les bateaux-porteurs eux-mêmes sont munis de l'appareil à vapeur imprimant le mouvement.

Il est aisé de comprendre que cette grande variété des moyens de locomotion amène également des variations notables dans les prix des transports.

Vient enfin le profil en long et le profil transversal des voies navigables, qui est bien plus différent d'une ligne à l'autre que pour les chemins de fer. Sur les fleuves et les rivières le courant crée des difficultés différentes suivant la direction de la marche ; sur les canaux ou sur les rivières canalisées, la longueur des biefs et la disposition des écluses influent sur le prix de revient de la traction. Les profils en travers des voies navigables imposent les dimensions des bateaux et limitent leur capacité. Ce sont autant de causes qui modifient le prix de revient du transport d'une tonne à un kilomètre de distance.

Aussi les prix de revient de transport par voies navigables sont-ils plus difficiles à déterminer d'une façon générale que ceux par chemin de fer, et les moyennes, que l'on pourrait citer en les empruntant à divers exemples, varient dans des limites plus larges. Au lieu de me livrer à des recherches générales, je ferai comme pour les chemins de fer et je citerai un certain nombre d'exemples, ce qui permettra mieux d'apprécier les limites jusqu'auxquelles peuvent descendre les prix de transport par voies navigables.

Les péages étant généralement supprimés, la quote-part des intérêts du capital engagé dans l'établissement des voies navigables n'entrera donc pas dans les prix de revient du transport; mais il est aisé de se rendre compte de l'importance de cet élément du prix de revient et de le prendre en considération.

D'après des documents officiels, le prix d'établissement des canaux français, majoré des dépenses restant à faire, signalé par les rapports joints à la loi de 1879, s'élève par kilomètre à des

sommes variant entre 129,800 francs et 434,890 francs ; mais, pour la majeure partie, il reste entre 250,000 francs et 300,000 francs.

Lors de la discussion sur le classement des voies navigables à construire, on a admis 312,000 francs par kilomètre.

On sait que les 448 kilomètres du canal de l'Est, terminé en 1882, ont coûté en moyenne 229,800 francs par kilomètre.

D'après M. Graeff, le canal de la Marne au Rhin a coûté 235,000 fr. par kilomètre ; et M. Graeff met en regard de ce prix, celui de 385,000 francs du chemin de fer de Paris à Strasbourg, non compris le matériel roulant.

Un an après son ouverture, c'est-à-dire en 1854, le canal avait déjà un tonnage de 130,000 tonnes pour le parcours total, et le tonnage du chemin de fer, qui était de 300,000 tonnes, n'a fait qu'augmenter depuis.

« Chacune des deux voies a créé, dit M. Graeff, des exploitations « *sui generis,* qui profiteront à l'une sans pouvoir nuire à l'autre. »

En admettant, pour fixer les idées, qu'un canal ait coûté 300,000 fr. par kilomètre, et que l'État, sans tenir compte des avantages indirects qu'assure une nouvelle voie navigable, veuille tirer 5 0/0 du capital engagé, il faudrait, suivant que le trafic sur ce canal atteindra 500,000 ; 1,000,000 ; 1,500,000 ou 2,000,000 de tonnes, imposer un péage par tonne kilométrique, de 3 centimes; 1 cent. 50; 1 centime ou 0 cent. 75.

Ces chiffres montrent clairement qu'il serait absolument erroné de construire un canal coûteux et de croire, à moins d'avoir, par les ressources du pays, un trafic considérable assuré d'avance, que, tout en assurant un transport très bon marché, les capitaux engagés pourront de suite rapporter de bons intérêts. Mais ce même raisonnement s'applique aussi aux chemins de fer.

M. de Nordling relève qu'en 1882, sur 4,650 kilomètres de canaux français, 15,4 0/0 de cette longueur jouissaient d'un tonnage supérieur à 500,000 tonnes et 65 0/0 d'un tonnage supérieur à 100,000 tonnes; mais que ce n'est que sur 25,3 0/0 des 7,580 kilomètres de fleuves et rivières navigables, pour lesquels les dépenses ont du reste été très faibles, que ce tonnage a été dépassé.

Ces chiffres se sont améliorés depuis 1882 et me paraissent prouver que nous n'avons pas à nous plaindre en France de l'abandon des voies navigables et en particulier de nos canaux.

D'après M. Guillemain, le fret que payent les marchandises voyageant par voies navigables a été, en moyenne, pendant les quatre années 1876, 1877, 1878 et 1879 de 6 fr. 18 par tonne de houille transportée de Lens à Paris (344 kilomètres). Les droits de navigation, qui n'ont été supprimés qu'en 1880, représentaient 1 fr. 39; le batelier ne recevait donc en définitive que 4 fr. 79, soit 1 c. 392 par tonne et par kilomètre.

On sait que cette voie navigable du Nord laisse encore beaucoup à désirer, et que le fret de retour manque en général.

En novembre 1884 le fret s'est élevé à 5 fr. 25, soit à 1 fr. 50 par tonne kilométrique.

Pour le transport d'une tonne de houille de Pont-à-Vendin (Lens) à Dunkerque, soit 110 kilomètres, le fret n'était alors que de 1 fr. 10, soit 1 centime par tonne kilométrique, ce qui s'explique par la perspective de fret de retour.

Dans le prix perçu par le batelier pour le transport de Lens à Paris, les frais de traction entraient, d'après M. Guillemain, pour 2 fr. 20 à l'aller et 0 fr. 73 au retour, le tarif comprenait donc $\frac{2 \text{ fr. } 93}{344} = 0$ cent. 852 de frais de traction par tonne et kilomètre.

Une bonne organisation et surtout l'introduction de procédés de halage perfectionnés peuvent sensiblement réduire les frais de traction.

Sur le canal de la Sensée, un entrepreneur fait le halage par chevaux, à la remonte et à la descente, à raison de 0 cent. 52 par tonne kilométrique,

Dans le bief de partage du canal de Saint-Quentin, qui a 20 kilomètres de long, un service de touage à vapeur est exploité en régie pour le compte de l'Etat. Les frais de traction sont taxés à 0 cent. 25 par tonne et par kilomètre, les bateaux vides sont remorqués gratis et cependant l'Etat réalise des bénéfices sérieux.

Dans un mémoire très apprécié, publié en 1867 par M. Bazin, Ingénieur des Ponts et Chaussées (*Annales des Ponts et Chaussées*) cet ingénieur estime à 0 cent. 5 et 0 cent. 7 les frais de traction par tonne à un kilomètre, suivant que le halage se fait par des chevaux ou à bras d'hommes, et il reconnaît que des procédés perfectionnés feraient baisser ces prix.

Il signale que la batellerie, qui transportait alors en France

chaque année 2 milliards et demi de tonnes à 1 kilomètre, effectuait ces transports à des prix qui descendaient souvent jusqu'à 1 centime et n'atteignaient pas en moyenne 2 cent. 5 par tonne et par kilomètre. Ajoutons qu'à cette époque les péages n'étaient pas supprimés.

Les rapports, dans lesquels M. le sénateur Krantz traitait la question de la navigation intérieure, sont assez connus, pour qu'il suffise de les rappeler ici, sans en reproduire les résultats.

Un ingénieur allemand, M. F. Lange, qui a été pendant quelques années attaché à l'ambassade d'Allemagne aux Etats-Unis, a publié une étude fort intéressante des canaux américains. Tout en comptant 7 0/0 pour intérêts et amortissement du capital engagé dans le matériel de transport, il trouve que le prix de revient du transport d'une tonne à un kilomètre a été sur le canal de l'Erié, de 0 cent. 93 lorsque le halage se fait par les chevaux, et de 0 cent. 72 avec traction à la vapeur. De fait, le tarif moyen en 1884 a été d'après lui de 1 cent. 01.

Mais les ingénieurs américains trouvent que ce prix est encore trop élevé. Ils reconnaissent qu'avec le canal de l'Erié, tel qu'il existe à présent, ayant 72 écluses sur 552 kilomètres et ne pouvant porter que des bateaux de 240 tonnes, la réduction du prix de transport ne pourra pas être considérable. Un projet, comportant l'élargissement du canal à $30^{m},5$ au fond, l'établissement d'un tirant d'eau de $5^{m},50$ et la suppression d'un grand nombre d'écluses, est activement poussé et on espère que, par les bateaux d'un tonnage de près de 2,000 tonnes et par des services accélérés, on pourra sensiblement réduire les tarifs et augmenter le trafic sur cette voie navigable.

Avant d'en arriver à reconstruire le canal de l'Erié, on s'était préoccupé de la question, s'il n'y avait pas moyen d'augmenter, par le perfectionnement du mode de propulsion, la capacité, c'est-à-dire la puissance de transport de cette voie navigable, tout en réduisant le prix de revient du transport. Le gouvernement de l'Etat de New-York, par un acte, en date du 28 avril 1871, avait à cette fin institué un prix de 500,000 francs pour l'auteur de la meilleure invention ayant pour objet la propulsion des bateaux sur les canaux. Il suffit de rappeler que l'Etat de New-York avait retiré, en 1869, 19 millions de francs des

droits de péage, pour expliquer l'intérêt qu'il avait à développer la navigation.

M. Lavoinne a rendu compte, dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1877, du résultat de ce concours qui a fait attribuer 175,000 francs à M. Baxter et 75,000 francs à M. Newman, et je crois devoir citer quelques chiffres relevés par lui :

Avec le halage par chevaux, un bateau, portant 230 tonnes ne pouvait faire que 7 voyages aller et retour entre Buffalo et New-York. Le vapeur-porteur Baxter, pouvant porter 200 tonnes, peut en faire 12. Le prix de revient du transport par tonne et kilomètre était de 1 cent. 40 avec le halage ; il ne fut que d'un centime avec le Baxter. Le fret de retour étant dans les deux cas, le quart de celui de l'aller.

L'emploi des bateaux porteurs à vapeur avait donc augmenté la puissance du canal dans le rapport d'environ 2 à 3 et diminué le prix de transport dans le rapport de 11 à 8.

Le touage sur chaîne noyée, essayé sur une cinquantaine de kilomètres, fit ressortir les prix de revient, par tonne à un kilomètre, à 0,9 centimes ; mais on sait qu'avec un canal à beaucoup d'écluses, l'application du touage présente des difficultés.

A l'époque à laquelle M. Lavoinne étudiait la question, les chemins de fer de l'Erié et du Hudson River étaient arrivés à un prix de revient de transport d'une tonne à un kilomètre, qui, sans comprendre les intérêts du capital, était de 2 cent. 40 La comparaison des prix de revient de transport par tonne kilométrique ressort du tableau suivant, dans lequel le prix du transport par chemin de fer ne comprend nul intérêt du capital engagé ; tandis que le prix de transport par canal comprend les intérêts et l'amortissement des bateaux et des moteurs; mais pas non plus ceux du capital engagé dans la construction du canal :

	Prix par tonne kilom.	Rapport en 0/0
Par chemin de fer	2 cent. 4	100
Par canal :		
Halage par chevaux. . .	1 — 4	58,3
Bateau à vapeur (porteur).	1 — 0	41,7

Au Congrès international de navigation intérieure qui s'est tenu

à Vienne en 1886, la question du prix de revient des transports par voies navigables a fait l'objet de communications fort bien étudiées, présentant d'autant plus d'intérêt, que les ingénieurs qui ont pris part à la discussion de cette question étaient d'origine très diverses et se basaient sur des relevés faits sur des voies navigables présentant les conditions les plus variées sous tous les rapports.

Il va de soi que le rapprochement des prix de transport par voies navigables et par chemins de fer n'a presque jamais été omis dans les notices présentées audit Congrès.

M. Fleury nous a, dès son retour du Congrès, entretenus des travaux entrepris par cette assemblée ; il voudra bien, je l'espère, dès que les comptes rendus du Congrès de Vienne auront été publiés, nous en faire l'analyse et, comme il donnera nécessairement un certain développement à la question des prix de transport, j'ai cru ne pas devoir puiser dès à présent, dans les quelques monographies qui ont été distribuées aux membres du Congrès.

Dans le projet du canal que j'ai fait en 1872, et qui devait ouvrir la voie navigable du grand bassin houiller du Nord de l'Autriche jusqu'à Vienne, pour y aboutir au Danube, c'est-à-dire du canal du Danube à l'Oder, cité par M. de Nordling, j'ai cru pouvoir compter sur un trafic de 1 million et demi de tonnes sur toute longueur. Avec des bateaux de 300 tonnes, présentant, sous le rapport du prix de transport, de grands avantages sur ceux de faible tonnage, j'ai trouvé que le prix de revient du transport, comprenant les frais d'entretien, les intérêts et l'amortissement du matériel et les frais de traction, s'élèverait, par tonne kilométrique, à environ 0 cent. 7.

Même avec un tarif moyen de 2 centimes seulement par tonne et par kilomètre, la recette nette eût donc suffi pour assurer les intérêts d'un capital d'environ 400,000 fr. par kilomètre ; c'est-à-dire qu'il eût été possible de faire appel, pour la construction et pour l'organisation du service d'exploitation de ce canal, à l'initiative privée, qui ne compte pas les avantages indirects d'une nouvelle voie de communication, mais qui demande à tirer de son œuvre des bénéfices en rapport avec ses sacrifices.

RÉSUMÉ

Je suis loin de vouloir déduire, de quelques faits isolés, des conclusions générales. Il me paraît toutefois ressortir de l'examen consciencieux des conditions dans lesquelles se font les transports par voies navigables et par voies ferrées qu'à égalité de trafic, le prix de revient moyen du transport est beaucoup plus bas sur les voies navigables que sur les chemins de fer.

Je reconnais toutefois que l'établissement d'un chemin de fer devra être préféré à celui d'un canal, là où la continuité, la célérité et la régularité des transports priment la considération du bon marché, à raison de la nature des marchandises à transporter, et que, là où il existe déjà une voie navigable, l'établissement d'un chemin de fer, desservant les mêmes contrées, pourra plus aisément arriver à se créer un trafic suffisant pour ses besoins, que ne le pourrait en général une voie navigable ouverte après un chemin de fer. Une telle voie navigable n'aura des probabilités de succès, que si les transports des produits pauvres sont très importants.

En pareil cas, les deux moyens de transport se compléteront, et toute lutte entre eux serait aussi nuisible pour l'un que pour l'autre.

Toute coalition ou entente est moins à craindre entre voie navigable et chemin de fer, que pour des chemins de fer entre eux, grâce à la facilité que présentent les voies navigables d'être utilisées par tous les entrepreneurs de transports.

Sachons, sans parti pris, sans nous faire des illusions, sans confondre les limites inférieures des prix de revient, établis d'après des théories discutables, avec les limites auxquelles, en pratique, l'abaissement des tarifs doit s'arrêter : indiquer dans chaque cas particulier, ce qu'il y a à faire, c'est-à-dire s'il faut créer une nouvelle voie de communication, et de quelle nature elle doit être.

Dans des questions de cet ordre, il ne faut pas avoir d'autre idée arrêtée, que celle de n'obéir à aucune préférence, de ne se laisser entraîner par aucun courant, de ne pas vouloir généraliser;

mais de consacrer tous ses soins et tout son savoir à l'étude du cas particulier.

En agissant ainsi, ceux qui jugent superficiellement pourront seuls nous traiter, tantôt d'adversaires, tantôt de partisans de tel ou tel moyen de transport; mais, en notre conscience et devant ceux qui pèsent leur jugement, nous aurons agi en bons ingénieurs.

VOIES NAVIGABLES ET CHEMINS DE FER

OBSERVATIONS

Présentées dans la séance du 18 mars au sujet du Mémoire de M. W. de Nordling

SUR

LE PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMIN DE FER

ET

LA QUESTION DES VOIES NAVIGABLES

PAR

M. J. FLEURY

INGÉNIEUR CIVIL

Les voies navigables et les chemins de fer.

Dans sa séance du 3 décembre 1886, la Société des Ingénieurs civils entendit la lecture d'un mémoire de M. de Nordling sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur les voies navigables de la France, de la Prusse et de l'Autriche. — M. Pontzen fit, en réponse, une communication fort étendue, à la suite de laquelle M. Fleury présenta les quelques réflexions qui suivent :

Aux chiffres que vient de vous citer M. Pontzen, je n'ajouterai pas d'autres chiffres. Nul mieux que lui ne pouvait faire ce travail de comparaison, et il l'a fait d'une façon si complète qu'il n'y a plus à y revenir.

Les quelques réflexions que je vous demande la permission de vous soumettre auront un autre caractère.

Si vous voulez bien, je leur mettrai comme épigraphe, l'aphorisme par lequel M. de Nordling terminait sa communication de décembre dernier :

Nos vérités ne sont que relatives
En pratique rien d'absolu (1).

M. Pontzen, avec la haute compétence que lui donnent ses travaux et ses études sur les travaux publics, sur les voies de communication en particulier vient de vous montrer que, pour lui aussi, comme pour M. de Nordling, dans la pratique, il n'est rien d'absolu, et que les circonstances spéciales à chaque problème doivent en déterminer la solution. J'ai moi-même, dans d'autres occasions, protesté à cette place contre la tendance à la généralisation dans des matières de ce genre (2), et les opinions que j'ai recueillies auprès d'un grand nombre d'entre vous me laissent penser que vous partagez mon sentiment.

Il n'y a donc parmi nous ni adversaires, ni partisans déclarés des voies navigables ou des chemins de fer. Nous jugerons des mérites et de l'utilité de chacun suivant les circonstances. Nous serons, d'ailleurs, entièrement d'accord, en cela, avec M. de Nordling, qui, vous vous en souvenez, a protesté, non sans quelque chaleur (3), contre l'accusation d'être l'adversaire décidé, et de parti pris, des voies navigables. Cette allégation, née sur les bords du Danube, au cours d'une polémique qui n'a pas été sans vivacité, ne serait pas retenue par ses auteurs s'ils avaient entendu M. de Nordling à votre séance de décembre dernier.

En dehors même de ses propres affirmations, le passé de l'éminent ingénieur, dont nous avons été heureux de saluer le retour parmi nous, le défend d'ailleurs assez contre un pareil reproche. Dans sa longue carrière, fertile en grandes œuvres, il a eu trop souvent à faire preuve d'un jugement supérieur et exact, pour pouvoir être atteint par l'accusation de procéder à une étude de l'importance de celle qui nous occupe, avec d'autres lumières que celles d'une haute expérience et d'une scrupuleuse impartialité.

(1) W. de Nordling. Le prix de revient des transports par chemins de fer, et la question des voies navigables. — *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, livraison de décembre 1886, page 784.

(2) *Procès-verbaux des séances de la Société des Ingénieurs civils.* Séances des 21 mai et 4 juin 1886, pages 257 et 290 *et passim.* — Séances des 2 et 16 juillet 1886.

(3) M. de Nordling, *loc. cit.* p. 784.

Tout au plus, ce passé a-t-il pu prédisposer M. de Nordling à une certaine tendresse pour les chemins de fer qui ont été l'occupation de sa vie et l'occasion de sa haute réputation (1). Les meilleurs esprits sont sujets à ces prédilections, et lorsqu'elles ne faussent pas le jugement, il n'y a pas plus à s'en défendre qu'à les regretter.

En fait, il résulte de ce que nous avons entendu que M. de Nordling s'inquiète des projets relatifs à la navigation intérieure qui se forment un peu partout, et qu'il a commencé par s'inquiéter d'abord et surtout des projets relatifs à l'Autriche-Hongrie. Il s'est demandé si les ressources des divers États pouvaient être utilement employées à la création de nouvelles voies navigables : il lui a alors paru que longtemps encore les chemins de fer, tels qu'ils existent pouvaient suffire aux besoins du commerce, et de ces préoccupations, de ces réflexions, est née la théorie qu'il nous a exposée avec un humour qui ne faisait que servir sa conviction.

Cette théorie, je lui trouve comme prémisses, dans le mémoire de M, de Nordling, la proposition suivante :

« (2) Au dire des partisans des voies navigables le prix de trans-
» port par eau serait notablement inférieur au prix des chemins de
» fer. C'est là leur principal argument, et il serait décisif s'il était
» fondé. »

Il s'agissait donc pour M. de Nordling de démontrer que cet argument n'était pas fondé et pour cela, de poser, en face l'un de l'autre, les deux termes à comparer : d'un côté, le prix de revient du transport sur voie ferrée et de l'autre, le prix de revient du transport par eau.

C'est alors que, pour établir le premier de ces deux termes, se dégage cette conception nouvelle et originale que je définirai elliptiquement par l'expression même de M. de Nordling, celle de *la tonne en plus* (3).

M. Pontzen vient d'examiner cette théorie et de vous en dire son sentiment. Si j'y insiste, c'est qu'elle constitue, à mon avis, un des points essentiels du débat, puisque M. de Nordling en déduit l'infériorité du prix du transport par chemin de fer. Elle a été, d'ail-

(1) A ce moment, M. de Nordling a fait observer qu'il avait été chargé, au service de l'État, de la construction du canal de Maux à Chalifer.

(2) W. de Nordling, *loc. cit.* page 710.

(3) W. de Nordling, *loc. cit.*, page 710 et suiv.

leurs, suffisamment développée par son auteur, pour que je n'aie pas à la reprendre en détail.

En résumé, M. de Nordling prend l'exploitation d'un chemin de fer à un certain moment — celui, par exemple, où naît, ou menace de naître, le projet d'un canal, dont l'effet lui paraît devoir être de détourner une partie du trafic. A ce moment précis, le trafic des marchandises à petite vitesse du chemin de fer considéré est de T. tonnes kilométriques.

La partie des frais d'exploitation imputable à ces T tonnes kilométriques est, au même moment, D. C'est la fraction des frais d'exploitation imputable à la petite vitesse seule, car dans toute cette théorie, il ne s'agit que du transport des marchandises : une autre fraction est imputable à la grande vitesse. Abstraction est d'ailleurs faite par M. de Nordling des intérêts et de l'amortissement du capital de premier établissement. Par suite, le prix de la tonne kilométrique sera, — ces hypothèses et restrictions admises, $-\frac{D}{T} = P$.

P est d'ailleurs composé de deux éléments très distincts : les dépenses que M. de Nordling qualifie de *réputées constantes*, lesquelles sont, dans une certaine mesure, indépendantes de l'intensité du trafic, telles que dépenses d'administration centrale, la plupart des dépenses de la voie, de quelques-uns des services de l'exploitation. Ces dépenses réputées constantes, appelons-les F.

Puis, il y a les dépenses variables avec le trafic, sensiblement proportionnelles au trafic, dépenses d'usure et d'entretien du matériel, dépenses de traction, de mouvement, de manutention, appelons-les V.

Donc : $P = F + V$.

Les unes et les autres sont couvertes, dans l'hypothèse de M. de Nordling, par le fait de l'exploitation à T tonnes kilométriques. Et il en déduit alors, que si après ces T tonnes transportées à 1 kilomètre, il s'en présente encore d'autres, chaque tonne en plus ainsi transportée n'aura plus à couvrir que les seuls frais variables V.

C'est ce chiffre V, représentant la dépense directement occasionnée par le transport de la *tonne en plus*, que M. de Nordling

appelle un prix de revient (1), et qu'il oppose au prix de revient du transport par voie d'eau.

Avant d'avoir entendu M. Pontzen, je m'étais déjà demandé si c'était bien là comparer des choses homogènes, susceptibles d'une commune mesure; si ces frais proportionnels, applicables seulement à la *tonne en plus*, à partir d'un trafic déterminé, étaient véritablement un prix de revient de transport, et s'ils pouvaient, à ce titre, être mis en comparaison avec les prix de revient des transports par eau ?

Je m'explique qu'un industriel qui, dans les premiers mois de l'exercice, aurait couvert heureusement ses frais généraux, puisse, sous l'empire de certaines circonstances, se contenter vers la fin de l'année, de livrer ses produits à un prix voisin des frais directs de fabrication. J'admets qu'un batelier, qui par plusieurs voyages lucratifs a assuré les ressources de son année, fasse, en utre, quelques transports à prix réduits.

Le premier préfère vendre à petit prix plutôt que de ralentir la marche de son usine ; le second préfère un moindre profit au chômage.

Mais un chemin de fer peut-il opérer de même? Peut-il dire : jusqu'à ce que j'aie effectué le transport de T tonnes kilométriques, mon prix sera quelque chose comme P ; mais, au delà, je ne prendrai plus qu'une fraction de ce prix, et cette fraction pourra être, M. de Nordling nous l'a montré, quelque chose comme 50, ou 60 0/0 du prix primitif.

M. Pontzen a répondu tout à l'heure à cette question. Il vous a démontré que ce que M. de Nordling appelle le prix de la *tonne en plus* n'avait, ne pouvait avoir d'autre caractère que celui d'une indication, d'un renseignement pour les chefs d'exploitation des chemins de fer, et ne pouvait être ni la représentation du prix de revient ni la base d'un tarif.

Mais cette démonstration, elle était déjà faite avant M. Pontzen, elle était faite, et par qui ? par M. de Nordling lui-même. Ne nous dit-il pas lui-même, à la fin de son mémoire (2), à propos des 300,000 tonnes de grains que le Rhin apporte annuellement à Manheim, ne nous dit-il pas : « Il est très probable que le chemin

(1) M. W. de Nordling, *loc. cit.* page 721.
(2) M. de Nordling, *loc. cit.* page 783.

» de fer pourrait attirer à lui la totalité ou la presque totalité des » grains, au moyen d'un tarif spécial qui lui laisserait encore un » petit bénéfice sur chaque tonne enlevée au Rhin. Mais — et » c'est là la difficulté ! — ce même tarif spécial ne s'appliquerait » pas seulement aux 300,000 tonnes à enlever au Rhin, mais en- » core aux 400,000 que le chemin de fer transporte déjà, et » qui, elles aussi, profiteraient de l'abaissement de taxe résultant » du tarif spécial. Le bénéfice à faire sur les 300,000 tonnes » nouvelles se trouverait donc plus ou moins compensé par la » diminution de recettes sur les 400,000 tonnes anciennes. Il est » même possible que, en fin de compte, — (notez cet aveu) — l'opé- » ration se solde par une perte. »

Je n'ajoute rien à cette déclaration explicite, suivant, à quelques pages de distance, l'exposition de la théorie de la *tonne en plus*. Elle nous montre ce qu'on en peut faire, et je suis porté à conclure avec M. Pontzen que cette conception ingénieuse ne peut pas avoir d'application pratique dans l'exploitation des chemins de fer, et par suite, qu'elle ne peut servir dans la comparaison des prix de revient du transport sur les voies navigables et les voies ferrées.

Il faudra donc, pour les chemins de fer, s'en tenir, comme l'a fait M. Pontzen, comme l'ont fait tous les auteurs qui, dans divers pays, ont traité cette question, il faudra s'en tenir au *prix moyen* qui, en définitive, représente aussi exactement que possible ce que coûte le transport de la tonne kilométrique.

Si on croyait alors devoir faire une comparaison destinée à établir la supériorité de l'un ou de l'autre mode de transport, — ce que je crois très délicat et peu concluant — il serait, à mon avis, équitable de faire cette comparaison seulement entre canaux et chemins de fer se trouvant, de par ailleurs, dans des conditions à peu près équivalentes comme organisation du trafic, importance du tonnage, longueur kilométrique, etc.

Pour citer un exemple que me suggère la mémoire de M. de Nordling, il faudrait éviter soigneusement tout ce qui pourrait faire croire qu'on songe à établir une comparaison, ou seulement un rapprochement quelconque entre le prix de revient actuel du transport sur le canal de l'Est — qui est achevé d'hier, dont l'exploitation en est encore à la période de tâtonnement, — avec — non pas même le prix de revient moyen — mais le prix de la *tonne en*

plus sur certaines lignes de chemin de fer, en plein fonctionnement depuis longtemps. Ce serait s'exposer à vouloir faire se mesurer l'enfant avec l'homme fait, et les conclusions qu'on pourrait essayer de tirer de cette lutte inégale me paraissent pouvoir difficilement passer à l'état de loi démontrée. Elles auraient juste autant de valeur, pour ou contre, que celles qu'on se hasarderait à tirer du rapprochement entre la navigation de Paris à Mons, où le prix de revient est de 1 centime,3, et l'un de ces nombreux chemins de fer à profil accidenté, à faible trafic, comme Vitré à Fougères où le prix de la tonne moyenne est 9 centimes, 8, ou Gray-Besançon avec ses 11 centimes, 5. Et je ne cite pas les pires.

Ce pauvre canal de l'Est ! Permettez-moi de m'y arrêter un instant. M. de Nordling l'a jugé, m'a-t-il paru, un peu bien sévèrement. Il est né d'hier : c'est seulement depuis le milieu de 1885 qu'il est en service d'un bout à l'autre. Et, le visitant, dans l'été de cette même année 1885, M. de Nordling constatait (1) qu'il restait à exécuter « des travaux importants, importants au point de vue de la navi- » gabilité, sinon de la dépense » qu'en particulier, le mur du barrage de Bouzay avait fait un mouvement qui ne permettait de remplir le réservoir qu'à moitié. Et c'est à un canal dans cet état, — état défectueux qu'il a vérifié de ses propres yeux, — que M. de Nordling vient reprocher, non sans quelque dédain, ces 126,086 tonnes de tonnage moyen effectuées en cette même année (2).

Mais l'année précédente, il avait eu un tonnage moyen de 80,000 tonnes. C'est donc un gain de 63 0/0 de la seconde année sur la première. Qu'il continue encore quelque temps de la sorte, et il arrivera vite à réaliser et ensuite à dépasser le souhait que forme M. de Nordling pour sa prospérité (3).

Pour l'instant, grâce au canal de l'Est, les fontes de Meurthe-et-Moselle vont jusqu'à Lyon, ce qu'elles ne faisaient pas avant lui — elles y vont avec assez d'avantages pour que le Creusot leur demande une partie de son approvisionnement. Par l'autre branche, les sels de cette même région de l'Est vont aujourdhui, grâce à la batellerie, concurrencer victorieusement dans le Nord et jusqu'en Belgi-

(1) M. de Nordling, *loc. cit.* p. 735.
(2) M. de Nordling, *loc. cit.* p. 747.
(3) M. de Nordling, *loc. cit.* p. 748.

que, les sels d'importation britannique qui y ont été si longtemps les maîtres du marché.

En somme, le rayon d'expansion des produits les plus importants de l'Est semble s'être agrandi du fait du Canal. Aussi éprouvais-je, Messieurs, un certain scrupule à laisser condamner dès sa naissance, une œuvre qui, d'ailleurs, est à l'honneur des Ingénieurs qui l'ont faite, et à la satisfaction des populations qu'elle dessert.

Revenant à notre sujet, je dis donc que si on se borne à comparer — comme je crois qu'on doit le faire — des choses comparables, un canal et un chemin de fer ayant tonnage, longueur, et autres conditions à peu près équivalents, on ne manquera pas, je crois, d'arriver à cette conclusion, limitée au cas très particulier que j'envisage, que l'utilité du chemin de fer est évidemment d'ordre supérieur, qu'il donne satisfaction à des besoins infiniment plus nombreux, qu'il est l'instrument nécessaire de transport pour tout ce qui requiert rapidité, exactitude, qu'il est indispensable, ou à peu près, aux marchandises fractionnées en petites quantités : mais, par contre, pour les marchandises pondéreuses, de peu de prix, voyageant en grandes masses, sans nécessité de vitesse, ni d'absolue précision dans la date d'arrivée, le canal pourra être l'instrument préférable, car au triple point de vue des frais d'établissement, des frais de matériel, des frais d'exploitation, il a l'avantage évident de coûter beaucoup moins. Il a aussi la supériorité, dans certains cas : — un de nos collègues les plus compétents me le rappelait à l'instant — celle d'une plus grande capacité d'emmagasinement. Un bateau de 150 tonnes par exemple, est beaucoup moins encombrant sur une rivière ou un canal, que 15 wagons de 10 tonnes sur une voie ferrée. On en a eu un exemple a l'époque douloureuse de 1871. Quand, après le siège, il a fallu ravitailler Paris, la Seine s'est trouvée plus diligente que les chemins de fer dont les gares n'arrivaient pas à évacuer les marchandises qui les encombraient.

Cette démonstration n'est plus à faire : je ne la tenterai pas aujourd'hui surtout, après ce qu'en a dit M. Pontzen. Elle a d'ailleurs été résumée il y a quelques années, d'une façon magistrale, et je pourrais dire d'une façon définitive — dans l'exposé des motifs de la loi de classement des voies navigables de 1879; ce document fait, avec une grande hauteur de vues, une équitable appréciation des mérites de chacun.

Je ferai seulement, en passant, une observation au sujet de ces nombreux prix de revient du transport kilométrique sur les voies navigables mis en avant par nombre d'auteurs; c'est qu'ils ne doivent être employés dans la discussion qu'avec une grande réserve. Les bateliers, les compagnies de navigation n'ont généralement pas, comme les chemins de fer, de tarifs imposés par l'autorité publique : les prix ne sont pas publiés, ils subissent librement toutes les variations résultant des circonstances qui, dans un sens ou dans l'autre, affectent à tout instant l'industrie des transports : aussi le prix kilométrique n'est-il presque jamais pratiqué — si même il l'est quelquefois; — on ne fait guère que des prix fermes, dans lesquels la distance réelle n'est qu'une des considérations secondaires, et c'est vraiment dans l'industrie des transports par eau, qu'on respecte en l'appliquant, cette loi si bien formulée par La Gournerie : « un transport se paye non ce qu'il coûte, mais ce qu'il vaut. »

Mais, il est temps d'aller au-devant de l'objection qui peut m'être faite quand j'exprime l'opinion qu'il convient de comparer les prix de transport de canaux et de chemins de fer se trouvant dans des conditions à peu près équivalentes de trafic. — Ces canaux d'un trafic comparable à celui de nos grandes lignes de chemins de fer, où les trouver, peut-on me dire? Et, ouvrant, comme l'a fait M. de Nordling (1), les statistiques officielles, on me montrera qu'elles attribuent à la France 12,230 kilomètres de voies navigables, sur lesquels 76 kilomètres seulement ont un tonnage supérieur à 2 millions, 1,226 kilomètres, un tonnage compris entre 500,000 et 2 millions, 2,960 kilomètres, un tonnage compris entre 100,000 et 500,000, et enfin : 7,292 kilomètres, c'est-à-dire 59,62 0/0 de l'ensemble, moins de 100,000 tonnes.

Mais veuillez considérer que sur ce chiffre total de 12,230 kilomètres, 5,500 kilomètres sont des cours d'eau à régime irrégulier dont la profondeur utile, inférieure toujours à 1 mètre, descend parfois jusqu'à 30 centimètres, — qui n'ont jamais été l'objet d'aucune amélioration sérieuse — et sur lesquels, par conséquent il n'y a aucune circulation régulière (2). Ils ne sont appelés voies navigables, qu'en vertu des classifications administratives, qui décla-

(1) Nordling, *loc. cit.* p. 743.
(2) Ces mêmes considérations ont déjà été développées devant la Société par M. Cotard qui manque beaucoup à la discussion actuelle.

rent navigable tout ce qui n'est pas seulement flottable, et peut porter la moindre nacelle. Mais c'est véritablement là forcer le sens des mots, et il ne faut pas abuser de cette classification, surtout quand il s'agit d'une comparaison avec les chemins de fer.

Et puis, sur le reste, sur ce qu'on peut alors vraiment appeler nos voies navigables, que d'imperfections, de lacunes. et partant que de causes d'infériorité! Différence des tirants d'eau d'une section à l'autre, différences dans les dimensions des écluses, les petites sur un même parcours s'enchevêtrant avec les grandes, insuffisance des ports, communications incomplètes d'un bassin à un autre bassin, absence de raccordement avec les chemins de fer! Avons-nous quelque port en France, même sur les canaux aboutissant à la Villette, dont le tonnage est de près de 3 millions de tonnes (1), avons-nous un seul port comparable à celui de Manheim, à celui de Francfort-sur-le-Mein que je vous ai déjà signalés (2) et où tout est disposé pour favoriser les opérations les plus actives et les plus importantes.

Au lieu de cela que d'entraves encore à une circulation facile, à des opérations continues? Et on voudrait établir une comparaison rigoureuse avec les chemins de fer! Mais que deviendrait, permettez-moi de le demander, l'industrie des chemins de fer s'il fallait, dans le cours d'une expédition, passer de la voie large, sur la voie étroite, puis de celle-ci retomber sur la voie large, ne pas trouver de voies de garages, de bifurcations, de grues, de quais? Et cependant telle était hier encore, telle est encore aujourd'hui pour beaucoup, la situation de nos voies navigables.

Et quand l'État, poursuivant son œuvre, réalise sur une section de nos voies navigables une amélioration demandée, attendue, ne voyons-nous pas la batellerie elle-même, lente à s'organiser, à se modifier, ne profiter que trop tardivement, avec une timidité regrettable, des avantages qui lui sont offerts? N'en avons-nous pas sous les yeux, à Paris même, le spectacle quotidien? Voici un an que, grâce à d'admirables travaux, supérieurement conçus, supérieurement exécutés, la Seine a un tirant d'eau assuré de 3 mètres. Eh bien ! le matériel de la navigation est-il modifié? Les péniches ne sont-elles pas toujours les mêmes?

(1) Statistique de la ville de Paris pour 1884, p. 101.

(2) Société des Ingénieurs Civils, séances des 2 et 16 juillet 1886.

Y a-t-il un seul bateau de gros tonnage? Le remorquage n'est-il pas ce qu'il était il y a quelques années ?

Il résulte donc de cet ensemble une situation d'infériorité marquée au préjudice des voies de navigation. Il me paraît équitable de ne pas en prendre texte pour les condamner tout de suite; mais plutôt, on doit leur faire crédit du temps, leur accorder terme et délai, avant de les mettre en comparaison inégale avec les chemins de fer, qui eux, dès le jour de la réception, se sont trouvés tout armés pour la lutte, comme Minerve sortant du cerveau de Jupiter, avec leur organisation complète, préparée, tous leurs rouages d'exploitation prêts à fonctionner.

Est-ce à dire qu'il faille faire des canaux partout, que tous les projets mis en avant soient judicieux, utiles, doivent être accueillis? Est-ce à dire que ces tableaux comparatifs, qui sont l'excès de la statistique, et dont on a tant abusé à propos des chemins de fer, ces tableaux qui font ressortir le nombre de kilomètres de canaux, ou de chemins de fer existants dans les divers Etats par myriamètre carré, ou par dix mille habitants, est-ce à dire qu'ils aient une signification suffisante pour exciter cette étrange émulation de peuple à peuple, qui charge les budgets de dépenses inutiles ou tout au moins prématurées, uniquement pour pouvoir dire au voisin : J'ai autant de chemins de fer, autant de canaux que toi?

Certainement non, — et cela aussi bien pour les chemins de fer que pour les voies navigables.

Il me semble que chaque cas particulier doit être étudié en lui-même, *per se*, qu'on ne doit se décider que par des raisons d'utilité démontrée; j'admettrai seulement que cette utilité peut n'être pas immédiate, qu'elle peut être lointaine,— et c'est peut-être là le seul point qui nous sépare de M. de Nordling, — mais, dans tout pays, on a le devoir de songer à l'avenir, de le préparer en lui consacrant une partie des ressources du présent. C'est semer pour récolter.

Pour la France, en particulier, dans les circonstances économiques où nous nous trouvons, je me contenterais de voir améliorer nos voies de communication actuelles — surtout au point de vue de l'exploitation — en limitant, dans une très grande mesure, — tous les ouvrages nouveaux. Mais ce qui existe doit être suffisam-

ment achevé, perfectionné, mis à même de rendre tout ce qu'il peut rendre.

Et sortant de France, suis-je téméraire en présageant les résultats que l'Autriche-Hongrie et les Etats riverains du Danube doivent obtenir, lorsque les rapides auront disparu, lorsque de Passau — peut-être même de Ratisbonne — jusqu'au delà des Portes de Fer, la navigation, délivrée des obstacles dont M. de Nordling vous a entretenus, que je vous ai déjà décrits et signalés (1), sera assurée d'un tirant d'eau constant de 2 mètres, si souvent demandé, si souvent promis ? — Qu'avec cela, le bassin du Danube se complète par quelques créations de voies navigables nouvelles, judicieusement choisies, et par l'amélioration des anciennes, et alors ce grand fleuve majestueux, ce vieux chemin des peuples, prendra dans les relations économiques une importance aussi grande que celle qu'il a dans l'histoire.

Je ne sais, à ce propos, si la mer Noire est vraiment un cul-de-sac, comme l'a dit M. de Nordling (2) et, si c'est un malheur pour le Danube d'y aboutir. — C'est en tous cas, un cul-de-sac vers lequel les yeux de l'Europe sont bien souvent tournés. Mais je me figure que les produits amenés par le Danube sauront, comme ceux d'Odessa et de la Russie méridionale, comme ceux du Caucase, ceux de cette Asie qui se rouvre chaque jour à la civilisation, je me figure que tous ces produits sauront bien, pour sortir de ce cul-de-sac et venir sur les marchés occidentaux, trouver une porte qui ne manque pas d'un certain renom.

M. de Nordling s'étonne (3) de la naissance, au même moment, de tant de projets de canaux dans la monarchie austro-hongroise, et, n'en percevant pas la cause, il l'attribue, — à titre d'hypothèse, dit-il, — aux manœuvres d'une spéculation exagérée. — Me permettra-t-il de hasarder une autre hypothèse ? Les tarifs de chemins de fer étaient alors, — sont, sans doute, encore — plus élevés en Autriche-Hongrie que partout ailleurs. D'après M. Baum (4), le *tarif moyen* par tonne kilométrique, pour l'année 1881, était, sur l'ensemble des chemins allemands, de 4 centimes 74; sur notre réseau d'intérêt général, de 5 c. 88, et de 7 c. 37 sur les réseaux

(1) Société des Ingénieurs Civils. — Séances des 2 et 16 juillet 1886.
(2) De Nordling. — *loc. cit.* page 771.
(3) De Nordling, *loc cit.*, p. 754
(4) *Annales des Ponts et Chaussees*, décembre 1883, p. 571.

austro-hongrois pris ensemble, de 7 c. 75 en particulier sur celui de la Société autrichienne. Ces tarifs élevés ne pèsent-ils pas lourdement sur les transactions en Autriche-Hongrie? J'en trouverais un indice dans un tableau inséré par le général Türr dans une brochure publiée il y a quelques années (1). Les céréales transportées sur le canal François paient, en moyenne, pour arriver jusqu'à Buda-Pesth, un peu moins de 10 francs par tonne, tandis que par chemin de fer le prix eût été de 18 fr. 56 c. Ne peut-on pas se demander si ces différences considérables ne sont pas un des motifs qui ont fait naître tous ces projets de voies concurrentes. L'heure est peut-être venue pour les réseaux autrichiens, sans aller jusqu'à essayer d'une mise en application de la théorie de la *tonne en plus*, de remanier leurs tarifs dans un sens libéral.

Dans une de ces brochures où, avec une verve si entraînante, notre collègue, M. Level, a discuté des questions du genre de celle qui nous occupe, il fait la peinture d'une humble péniche qui, lentement traînée, — non pas même par un cheval, — mais par un pauvre âne, auquel le marinier et sa femme donnent, à tour de rôle, un coup d'épaule, s'en va glissant, silencieusement, sur un canal, au fond de la vallée. Cependant, sur le haut d'un viaduc audacieusement jeté d'un versant à l'autre, la locomotive s'élance, bruyante et fière, déroulant orgueilleusement son panache triomphateur.

Je crois bien qu'à ce contraste, notre collègue, dans le fond de sa pensée, est bien près de s'écrier : « Ceci a tué cela ! »

Hé bien, non, messieurs, ne le croyons pas. Ceci n'a pas tué cela. Il y a place pour tous deux au soleil : tous deux peuvent vivre, — vivre en s'améliorant, en se perfectionnant, — vivre en rendant des services, chacun à sa façon. Que dis-je? Ils pourront s'entr'aider, et, par une judicieuse répartition, prendre chacun, dans la masse des transports, ce qui est le plus conforme à sa destinée, à ses moyens, et, sans antagonisme, harmonieusement, contribuer tous deux au développement des échanges, à l'accroissement des richesses.

(1) *De l'utilisation des cours d'eau du royaume de Hongrie, selon le projet du lieutenant général E. Türr.* — Paris, Lahure, p. 16.

OBSERVATIONS

Présentées dans la séance du 1er avril au sujet du Mémoire de M. de Nordling

SUR LE

PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

ET LA

QUESTION DES VOIES NAVIGABLES

PAR

M. EDMOND ROY

Dès l'année 1882, en combattant devant vous, Messieurs, le projet de Paris port de mer, je démontrais que, pour le transit, à travers le territoire français, des marchandises en provenance d'Amérique par le port de Rouen, pour les contrées du Nord-Ouest de l'Europe dont Strasbourg est le centre, le prix de transport par la Seine, la Marne, canalisées, et le canal de la Marne au Rhin, simplement amélioré par un tirant d'eau de 2 mètres, serait moindre qu'en faisant pénétrer les navires de haute mer jusqu'à Paris, transformé en port de mer factice, et qu'avec une dépense relativement modeste on obtiendrait des résultats plus avantageux qu'en engloutissant des centaines de millions dans l'eau et en annihilant nos ports de commerce, le Havre et Rouen.

En même temps, je vous signalais l'inutilité et le danger des travaux en cours d'exécution sur la Seine, entre Paris et Rouen, pour donner à cette partie de la Seine une profondeur normale de $3^{m},20$, qui permettrait aux caboteurs anglais d'un jaugeage de 5 a 600 tonneaux de venir, sur le marché de Paris, faire concurrence aux

houilles françaises du Nord et du Pas-de-Calais, et draîner le fret des expéditions de Paris pour les pays d'outre-mer, au profit de la marine marchande anglaise, au préjudice de nos ports du Havre, de Rouen et du réseau du chemin de fer de l'Ouest, et je réclamais instamment l'amélioration de nos canaux du Nord entre Paris, Dunkerque et Calais, pour parer à cette concurrence ; mais, comme une idée malheureuse accomplie entraîne toujours avec elle ses conséquences, survint le projet du grand canal du Nord estimé à la simple bagatelle de 100 millions.

J'admettais, avec l'auteur du projet de Paris port de mer, que les transports par les voies de navigation intérieure améliorées, pourraient se faire à 1 cent. 1/2 par tonne et par kilomètre, mais j'ajoutais qu'il suffirait aux Compagnies de chemins de fer d'abaisser leur tarif par tonne et par kilomètre à 2 cent. 1/2 pour effectuer le transport de transit, entre le Havre ou Rouen et Strasbourg, à aussi bon marché que par la voie d'eau, à cause de l'énorme différence de parcours entre les points extrêmes par voie d'eau et par voie ferrée.

Je ne saurais donc être, par ce motif, taxé de vouloir défendre, exclusivement et quand même, la voie d'eau au préjudice de la voie ferrée.

Le prix de 1 cent. 1/2 par tonne kilométrique, que j'admettais pour la voie d'eau, n'était pas un prix de revient de transport, c'était un prix comprenant le bénéfice du transporteur, non compris les frais d'entretien de la voie et l'intérêt du capital engagé dans la construction.

En effet, lorque plus tard, en 1885, je fis à notre Société une communication sur le matériel flottant des voies de navigation intérieure, je vous donnai des prix de revient de transport par voie d'eau, résultant d'expériences personnelles faites à mes risques et périls avec un bateau à vapeur à moi, entre Paris et Lyon et Paris à Rouen, desquelles il résulte que les prix de revient de transports par tonne et par kilomètre ont été :

1° Avec faible charge en allant, et retour à vide, de Paris à Lyon . . . . . 1 cent. 14

2° Avec pleine charge en allant à Rouen, 2/3 de charge en remonte sur Paris avec crue de 3 m. . . . . 0 cent. 80

Ce sont donc ces prix de revient qu'il convient de mettre en

comparaison avec les prix de revient de transport par chemin de fer, établis par notre collègue, M. de Nordling.

Toutefois, il convient de dire que les prix de revient par chemin de fer, établis par notre collègue, comportent les dépenses d'entretien de la voie, et que, pour avoir un prix correspondant pour la voie d'eau, il convient d'ajouter aux prix que j'ai indiqués, environ 0 cent. 2, ce qui donne un prix de revient de la tonne kilométrique transportée par voie d'eau :

1° En cas de trafic faible. . . . . 1 cent. 24
2° En cas de trafic abondant . . . . . 1 cent. »

Comparant ces prix avec ceux donnés par M. de Nordling pour les chemins de fer de la Theiss et la Nordbahn, qui sont :

Pour le chemin de la Theiss, avec un trafic kilométrique de 196,000 tonnes marchandises . . . . . 3 cent. 12

Pour le Nordbahn, avec nn trafic kilométrique de 1,673,900 unités (marchandises et voyageurs compris) 1 cent. 64

On voit que, dans le cas de faible trafic, n'utilisant pas bien le matériel roulant ou flottant, selon la nature de voie de transport, les prix de revient de transport kilométrique pour chaque espèce de voie sont entre eux dans les rapports — $\frac{3 \text{ cent. } 12}{1 \text{ cent. } 24} = 2{,}50$

$$\frac{1 \text{ cent. } 64}{1} = 1{,}64$$

Il résulte de cette comparaison qu'avec un trafic relativement faible, le prix de revient par voie ferrée est 2 fois 1/2 celui par voie d'eau, et en cas de trafic abondant 1 fois 2/3 seulement.

Les résultats indiqués par M. de Nordling, concernant les chemins de fer autrichiens, confirment bien le principe de la méthode qui lui a servi de base pour déterminer les dépenses kilométriques d'exploitation en fonction du trafic d'une voie ferrée, mais je ne suis pas d'accord avec lui, lorsqu'il évalue le prix de revient des unités d'accroissement du trafic, en divisant cet accroissement par la simple augmentation des dépenses qui en résulte.

Ainsi pour le chemin du Nordbahn, il pose :

Prix moyen d'une unité kilométrique

(1883) . . . . . $\frac{27{,}600}{1{,}673{,}900} = 1^{c},64$

Prix de revient d'une unité kilométrique en plus ou en moins (1879-1883) $\frac{3,360}{392,600} = 0$ cent. 86

Rapport des deux prix — $\frac{0 \text{ cent. } 86}{1 \text{ cent. } 64} = 52\ 0/0.$

Tandis que, en réalité et pour ne pas indiquer un prix de revient fictif, il me semble qu'il conviendrait de dire :

Prix de revient d'une unité kilométrique avec 25 0/0 environ de trafic en moins (1879) . . . . . $\frac{24,230}{1,281,300} = 1$ cent. 89

Rapport des prix $\frac{1 \text{ cent. } 64}{1 \text{ cent. } 89} = 0,\ 87\ 0/0.$

Rapport en concordance, du reste, avec la méthode ingénieuse, savante et très utlie établie par M. de Nordling, pour déterminer l'augmentation ou la diminution des prix de revient des transports par chemins de fer, en raison de celles du trafic.

Je tenais à appeler votre attention sur ce point, parce que la manière dont le prix de revient de la tonne transportée, en plus ou en moins, est présentée, pourrait faire croire à des prix de revent effectifs minimum irréalisables, son prix de 0 cent. 86 n'étant que fictif.

En dehors de la comparaison entre les prix de revient des transports par voie d'eau avec ceux par chemins de fer, le travail de M. de Nordling présente et permet d'établir une comparaison non moins intéressante et toute d'actualité, qui mériterait d'appeler l'attention du législateur et de l'économiste, au point de vue des grands intérêts commerciaux, et que les statistiques générales actuelles des chemins de fer ne permettent pas d'établir parfaitement, parce qu'elles donnent des résultats d'ensemble, confondant les artères à grand trafic avec celles à faible trafic.

D'après les chiffres établis dans son mémoire, le prix de revient de la tonne kilométrique sur les lignes de la Theiss, dont le trafic moyen est de 196,000 tonnes marchandises par kilomètre, est de . . . . . 3 cent. 12

Celui du Nordbahn, pour un trafic moyen de 1,673,900 uuités (marchandises et voyageurs) — 1 cent. 64, ce dernier chemin étant peu chargé d'embranchements improductifs.

D'après la dernière statistique générale publiée sur les résultats d'exploitation des chemins de fer français pour l'année 1885.

Le nombre moyen de tonnes de marchandises transportées par kilomètre est de . . . . . 347,800 tonnes
Celui des voyageurs par kilomètre de . . . . 242,276 »

Total des unités du trafic moyen par kilomètre. 590,076 unités.

D'après la même statistique, le prix de revient du transport par kilomètre d'une unité de trafic peut s'établir à l'aide de la dépense par unité kilométrique de traction et d'entretien du matériel roulant, car aussi bien en France, d'après la statistique, qu'en Autriche, d'après les renseignements donnés par M. de Nordling pour les lignes de la Theiss, cette dépense représente sensiblement 33 0 0 de la dépense totale d'exploitation.

La dépense moyenne de traction et d'entretien du matériel roulant sur le réseau français est en moyenne, par unité kilométrique transportée . . . . . 1 cent. 02

La dépense totale par unité serait donc, sur le réseau français en moyenne de . . . . . 3 cent. 06

Remontant à la statistique officielle détaillée par ligne pour l'année 1874, on trouve que les recettes kilométriques des artères principales du réseau français ont été les suivantes :

Nord. — Paris à la frontière belge.	130,000	francs.
Est. — Paris vers Strasbourg. . . .	81,000	—
Ouest. — Paris au Havre	113,000	—
Orléans. — Paris à Bordeaux	93,000	—
P.-L.-M. — Paris à Marseille	178,000	—
Midi. — Bordeaux à Cette et à Bayonne	58,000	—

Aujourd'hui, d'après la statistique de 1885, la recette moyenne kilométrique de l'ensemble des réseaux de ces différentes Compagnies est de :

	KILOMÈTRES EXPLOITÉS	PRODUIT BRUT KILOMETRIQUE
		francs
Nord	3.421	47.180
Est.	4.090	31.375
Ouest.	4.186	32.010
Orléans	5.463	31.210
P.-L.-M.	7.587	41.135
Midi	2.612	34.170

Si on compare ces recettes d'ensemble du réseau avec celles des artères principales, on est fondé à en conclure que le trafic sur les artères principales est environ triple du trafic moyen, et qu'il n'est pas inférieur aux 1,673,900 unités de trafic kilométrique du chemin autrichien Nordbahn et que, par suite, le prix de revient de transport de l'unité kilométrique n'y est pas supérieur à 1 cent. 7.

Les artères principales indiquées ci-dessus sont les lignes du grand mouvement industriel et commercial, ce sont aussi, et par excellence, les lignes de transit entre nos ports de commerce de l'Océan et de la Méditerranée vers l'ouest de l'Allemagne.

Ces lignes présentent, en tracé et en profil, les conditions les plus économiques de dépense de transports; tandis que toutes les artères de 2e et de 3e ordre, surtout, présentent des conditions de tracé et de profil qui font plus que doubler, par rapport aux premières, les prix de revient de transport, et le public, les membres des Chambres de commerce, ne songeant qu'à ces énormes trains qu'ils voient circuler sur les artères principales, lesquels frappent plus leur imagination que les trains moyens et réduits des artères de 2e et 3e ordre, ne s'imaginent pas quelles sont les causes principales de la faiblesse des trains de ces dernières: l'accroissement de résistance à vaincre pour remorquer une tonne de marchandise et transporter un voyageur, le manque de trafic qui accroît dans des proportions considérables le rapport du poids mort au poids utile transporté; et tous de réclamer sur toutes les lignes indistinctement, des tarifs uniformes avec la plus courte distance; mais comme la nature ne perd jamais ses droits, que rien n'est positif et absolu pour l'industriel comme son prix de revient, ici, l'industriel, ce sont les Compagnies de chemins de fer, il faut qu'il fasse dans ses prix de vente une cote mal taillée, qui fait payer à la marchandise transportée sur les artères avantageuses l'excédent de dépenses que lui occasionne le transport sur les artères désavantageuses.

Il en résulte que le grand trafic commercial des artères principales est obligé de payer pour le petit trafic des artères de troisième ordre, et comme elles sont devenues légion, il passe à l'état de sangsue du trafic le plus important, tant de l'intérieur que de transit, au préjudice de nos grands ports de commerce de l'Océan et de a

Méditerranée, qui se voient chaque jour enlever le commerce de transit par des ports et des voies ferrées étrangères, dont la concurrence est d'autant plus redoutable qu'elles ne sont pas surchargées de lignes improductives, comme le sont aujourd'hui nos artères principales.

Il n'y aurait guère qu'un moyen de dégager et de laisser les coudées un peu plus franches aux Compagnies de chemin de fer, pour abaisser les tarifs sur les lignes principales et faciliter le commerce de transit, mais il est trop rationnel et vise trop à l'équité pour répondre aux tendances d'unification et de réversibilité qui caractérisent notre époque :

Ce serait de faire payer à la marchandise, pour son transport comme pour sa production, un prix proportionnel au prix de revient de transport pour la conduire à sa destination.

Le moyen est simple, il a été préconisé il y a déjà longtemps : c'est l'application aux tarifs des artères principales (abaissés par rapport aux prix actuels) de coeffiients de distances virtuelles, établis en raison des difficultés d'exploitation, caréctérisées par les déclivités à franchir, des artères annexes.

Sur cette base, on pourrait notablement améliorer les charges du trafic principal et faciliter le mouvement de transit par le territoire français au grand avantage du grand mouvement commercial entre le Nord et le Midi, l'Est et l'Ouest de la France et des ports du Havre, Rouen, Bordeaux, Cette et Marseille.

Dans cette combinaison n'entre point la prévision de faire produire aux lignes de deuxième et de troisième ordre l'intérêt et l'amortissement des capitaux dépensés pour la construction du réseau voté depuis 1876, dont les contribuables auront à payer à perpétuité l'excédent des dépenses d'exploitation sur les recettes, et à servir l'intérêt et l'amortissement (quand on pourra en faire) des capitaux dépensés pour établir à grands frais des chemins de fer de troisième ordre, la plupart soi-disant stratégiques, alors qu'on eût pu les établir dans des conditions beaucoup plus modestes, tant au point de vue de la construction qu'à celui de l'exploitation.

Les localités desservies par ces lignes auraient d'autant moins à se plaindre d'une élévation de tarifs pour des parcours pour ainsi dire locaux, que les marchandises, y arrivant de grandes distances par les lignes principales, n'auraient pas un prix total de transport

plus élevé que dans l'état actuel des choses, et que les contribuables, situés sur le parcours des grandes lignes, auraient à payer, aussi bien que ceux desservis par les lignes secondaires et tertiaires, l'intérêt et l'amortissement des capitauu dépensés pour la construction de ces lignes ; c'est, il me semble, faire une large part au principe de la reversibilité ou, si on préfère, de la solidarité.

Vous voyez, Messieurs, que les intéressantes recherches de M. de Nordling sur la loi d'augmentation ou de diminution du prix de revient des transports par chemins de fer, en raison de l'importance du trafic d'une voie ferrée, m'ont conduit à une observation qui me semble être d'un haut intérêt pour la partie la plus forte de notre mouvement commercial et nos grands ports de commerce maritime.

Cette digression sur le domaine exclusif des chemins de fer ne m'a point fait perdre de vue les documents importants donnés par M. de Nordling, dans son mémoire, sur les voies de navigation de la France et je terminerai en faisant brièvement mes observations sur cette question.

A multiplier les canaux, à dépenser de l'argent plus que de raison pour donner aux voies de navigation une importance qu'avec les chemins de fer elles n'ont pas besoin d'avoir, à en créer de nouvelles aussi peu rationnelles et aussi dispendieuses que la plupart de celles qui ont été décidées depuis 1870, à considérer les 35 à 40 millions dépensés pour la navigation de la Seine entre Paris et Rouen, bien plus, je le répète au profit de l'industrie étrangère qu'à celui de l'industrie nationale, on arrive à des conclusions aussi lamentables pour la fortune publique, que celles concernant le dernier réseau. Mais pour celles qui existaient avant cette époque, ayant besoin d'être achevées et améliorées en raison du mouvement commercial devenu de nos jours beaucoup plus important, que lorsquelles ont été créées, je crois que leur achèvement et leur amélioration avec des dépenses relativement modestes, pour leur donner une profondeur d'eau et des dimensions d'écluses uniformes est une chose indispensable, nécessaire, aux intérêts généraux du pays ; je crois qu'elles sont une annexe en même temps qu'un contre-poids utile aux exigences que pourraient avoir les chemins de fer.

M. de Nordling lui-même reconnaît qu'elles ont déjà utilement

rempli ce dernier rôle à certaine époque : elles rendent d'importants services pour le transport des grandes masses, ainsi que le prouvent les canaux du Nord, l'Oise et la Seine, même placées au milieu de chemins de fer présentant cependant les conditions les plus économiques d'exploitation.

Je ne saurais accepter, comme une raison contre les canaux, les données fournies par M. de Nordling relatives aux canaux du Midi et latéral à la Garonne ; ces deux canaux sont séquestrés entre les mains de la Compagnie des chemins de fer du Midi, dont l'unique intérêt est de les annihiler ; elle y frappe le transport des marchandises de droits de navigation supérieurs à ses prix de transport par voie ferrée.

Toutes les fois qu'on établira des canaux dans des contrées aussi froides, aussi accidentées et donnant lieu, par ces motifs, à d'aussi longs chômages que notre canal de l'Est, en parallèle avec un chemin de fer, ce dernier n'aura rien à redouter du premier ; ce sera purement et simplement jeter de l'argent dans l'eau.

Ce canal a été, dit-on, le résultat d'un entraînement patriotique ; je crois plutôt que l'on a donné satisfaction à des intérêts de clochers, bien exploités.

Le canal de Tancarville est une monstruosité qui ne servira à rien, car la batellerie de la Seine ne pourra s'engager sans danger à arriver à l'origine du canal, à Tancarville, en tout temps ; il a été obtenu par des députés influents de la circonscription du Havre, uniquement en vue de sacrifier le port de Rouen, tout le monde sait cela.

Nous savons tous, Messieurs, dans quel état les largesses parlementaires ont mis les finances du pays ; il faut cependant achever ce qui est commencé. Espérons que le tempérament robuste du crédit de la France pourra résister aux assauts réitérés dont il est l'objet.

RÉPLIQUE

Aux Observations présentées sur son Mémoire

SUR LE

PRIX DE REVIENT DES TRANSPORTS PAR CHEMINS DE FER

ET LA

QUESTION DES VOIES NAVIGABLES

PAR

M. DE NORDLING

Les *traités particuliers*, qui sont interdits par les cahiers des charges des chemins de fer français, sont permis en Autriche. Depuis une dizaine d'années, il faut qu'ils soient publiés, mais voilà tout. Quand j'étais directeur des chemins de fer de la Theiss, en Hongrie, j'en ai fait moi-même un usage étendu. Un jour, on me proposait de transporter à 2 cent. les matériaux de construction d'une école, sous peine de les voir tirer d'une direction opposée à nos lignes. Un autre jour, et c'était le cas le plus fréquent, il s'agissait des richesses forestières de la Galicie, pour lesquelles le Nordbahn formait le débouché naturel vers l'Ouest, mais qui pouvaient être détournées par Pesth et les lignes de la Theiss. « Moyennant une détaxe ramenant le tarif à 1 cent. 5 par tonne kilométrique nous nous assurons » le passage de 80,000 tonnes, » me disait-on. — « Mais où sera » le bénéfice ? » — « Remarquez, » me répondit le chef du service commercial, « que dans la saison actuelle (avant la récolte) » notre matériel et notre personnel n'ont rien à faire, que nos » frais se réduisent presque au charbon brûlé, à l'usure des » rails et à quelques réparations supplémentaires. » C'est comme

directeur du Theissbahn, il y a une quinzaine d'années, que la pratique m'a conduit à la théorie de la tonne en plus ou en moins.

Pour mieux la caractériser, permettez-moi un apologue.

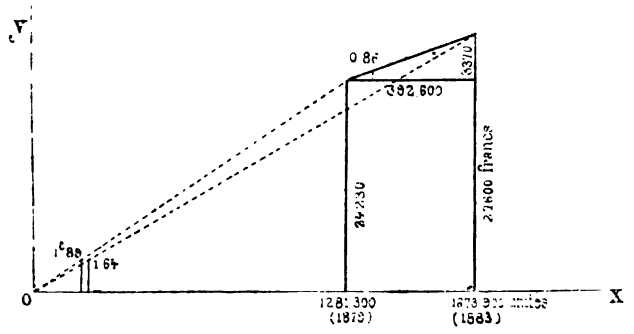
Voici une famille, composée du père, de la mère et d'une fille, qui dépensent ensemble 24,000 francs par an. Le père, amoureux de statistique, a fait la répartition aussi exacte que possible de cette somme et a trouvé que lui-même coûtait 10,000 et tant de francs, sa femme 8,000, sa fille 6,000 francs. Mais voilà qu'il est question de recueillir une pauvre nièce. Le chef de famille objecte : Déjà nous joignons difficilement les deux bouts, comment ajouter encore 6,000 francs à nos dépenses? Mais la mère fait observer : qu'il y a place pour un second lit, qu'il ne faudra pas une seconde institutrice, ni une seconde cuisinière, et que, par conséquent, les dépenses de loyer, d'éducation, de domestiques, de chauffage, d'éclairage — ce sont là mes dépenses constantes! — n'augmenteront pas du tout. Tous comptes vérifiés et discutés, on trouve que la demoiselle en plus ne coûtera que 4,000 francs et non 6,000. Bien entendu que ces 4,000 francs représentent le débours réel à faire, ce que j'appelle le prix de revient.

Comme on confond si souvent le prix de revient avec un tarif à percevoir, vous allez de suite saisir la nuance. Mettons à la place du chef de famille, de l'oncle, un maître de pension. Celui-ci pourra bien s'assurer, lui aussi, que son $(n+1)^{me}$ élève coûte en réalité moins que les n premiers, mais il se gardera bien de demander au dernier un prix de pension moindre, car les n premiers réclameraient et, l'année suivante, personne ne voudrait plus s'inscrire le premier. C'est là une question de tarif, non de prix de revient.

Revenant à mon premier exemple, on m'objectera peut-être que si le prix de 4,000 francs trouvé pour la 2e demoiselle était sérieux, il devrait s'appliquer *a fortiori* à une troisième et une quatrième, mais que cela est impossible, puisqu'il n'y a place que pour deux lits et qu'il faudra bien, a la fin, déménager et augmenter la domesticité, le chauffage, l'éclairage, etc., toutes dépenses à tort réputées constantes. L'objection est spécieuse. Mais remarquez que si vous prenez pour point de départ une famille plus nombreuse, vous avez aussi comme point de départ des moyennes de dépense moindres. Mon apologue ne donne qu'une tangente, qu'il ne faut pas vouloir prolonger. Pour lever les doutes, il suffit de s'adresser à ma courbe

empirique des dépenses d'exploitation, qui répond victorieusement.

Bornons-nous aux chiffres du Nordbahn qui ont fait hésiter M. Roy.



Si, en 1879 (d'après la statistique), 1,281,300 unités de trafic ont coûté 24,230 francs, leur prix moyen ressort à 1 cent. 89 ;

Et si, en 1883, 1,673,900 unités ont coûté 27,600 francs, le prix moyen de ces dernières ressort à 1 cent. 64.

Mais l'accroissement du trafic de 392,600 unités n'a donné lieu qu'à un accroissement de dépenses de 3,370 francs. La tonne en plus n'a donc coûté que $\frac{3{,}370^{fr.}}{392{,}600} = 0$ cent. 86 et ce prix n'est pas un prix fictif comme l'a compris M. Roy, mais un prix aussi réel, aussi palpable que les prix moyens des différentes années. Comparé à ces derniers, le prix de la tonne en plus ou en moins, de 1879 à 1883, ne forme que :

$$\frac{0.86}{1.89} = 46\ \%\ \text{du prix moyen de 1879 (tonne en plus),}$$

$$\frac{0.86}{1.64} = 52\ \%\ \text{du prix moyen de 1883 (tonne en moins).}$$

Si, au lieu de considérer des différences finies, on considère des différences infinies (la courbe), les deux rapports se confondent.

M. Pontzen a émis l'idée que la décroissance du prix de la tonne en plus ou en moins pourrait être due en partie aux progrè réalisés dans l'exploitation. C'est possible, probable même jusqu'à un certain point ; cependant je ne crois pas que la courbe des frais d'exploitation que j'ai donnée en soit sensiblement affectée. D'ailleurs, le progrès serait-il confiné dans le passé et exclu de l'avenir ?

M. Fleury a pensé que le prix de la tonne en ± était sans valeur pour les tarifs. J'en demande bien pardon, en ce sens que le prix de revient forme la limite inférieure des tarifs possibles, limite dont on se gardera de s'approcher sans nécessité, mais qu'on peut néanmoins atteindre le jour où il s'agira de soutenir une concurrence à mort.

Supposez qu'une société philanthropique offre des appartements gratis ou à peu près. Votre propriétaire qui, comme les Compagnies de chemins de fer, a tiré jusqu'alors 3 ou 4 % de son capital, sera bien obligé de baisser successivement ses loyers. Mais quand il les aura baissés jusqu'au niveau de ses frais annuels de réparation et d'administration et d'impôt, il aimera autant abandonner la partie, car les frais en question, non ses charges de capital, constituent pour lui son prix de revient, sa limite inférieure.

M. Roy a émis une idée nouvelle qui me paraît digne d'être méditée : c'est d'appliquer sur les lignes à faible trafic et par conséquent plus coûteuses à exploiter, des tarifs plus élevés que sur les lignes principales à grand trafic.

Avant de quitter ce sujet, évidemment difficile, puisqu'il a soulevé tant de doutes, me permettrez-vous d'insister encore une fois sur la différence qui existe entre les tarifs et les prix de revient, qu'on confond d'autant plus facilement que ce qui est tarif pour une Compagnie de chemin de fer devient à son tour partie intégrante du prix de revient pour l'expéditeur, pour le commerce.

Je répète donc :

Les *tarifs de chemins de fer* comprennent, outre les frais proprement dits, outre le prix de revient, une rente pour le capital engagé.

Par contre, le *fret payé* sur les voies navigables et plus particulièrement sur les canaux (depuis que tout péage est aboli) ne comprend ni les frais d'entretien, ni les charges d'intérêts, supportés tous deux par le contribuable.

Arrêtons-nous maintenant aux voix navigables !

Si j'ai bien entendu et bien retenu, il me semble que M. Pontzen a vigoureusement défendu le front bastionné que je n'ai pas attaqué, (les voies navigables existantes), mais qu'il ne s'est guère occupé du front que je croyais avoir démantelé (les travaux neufs).

Quelle est, en effet, ma thèse?

Que parmi les voies navigables existantes il en est un petit nombre (telles que le Rhin et l'Elbe) qui, favorisées par la nature et par leur situation commerciale, montrent une prospérité incontestable;

Que la plupart des autres voies navigables et notamment des canaux hérissés d'écluses n'ont conservé qu'un trafic si faible qu'ils ne mériteraient plus les sommes qu'on y a consacrées;

Qu'il ne faut pas se faire illusion sur le trafic qui attend les canaux qu'on projette encore;

Que dans la plupart des cas, les chemins de fer existants peuvent transporter les marchandises qu'on a en vue aussi économiquement que les canaux projetés, c'est-à-dire avec les mêmes prix de revient (je ne dis pas les mêmes tarifs);

Enfin et surtout, que les intérêts des capitaux à engager dans les canaux nouveaux sont presque toujours supérieurs à la perte de recette qui résulterait pour le chemin de fer existant de l'abaissement de ses tarifs au niveau du fret espéré.

A ces thèses, M. Pontzen a opposé une théorie déjà ancienne, qu'il est impossible de mieux résumer que dans le rapport signé de M. de Freycinet et inséré au *Journal officiel* du 16 janvier 1878. On y lit:

« Ces voies (les voies navigables), en effet, jouent un rôle im-
» portant dans la production de la richesse du pays. Si l'on a pu
» croire un instant que leur utilité allait disparaître et qu'elles
» céderaient bientôt entièrement la place aux chemins de fer, cette
» impression, un peu superficielle, n'a pas tardé à se modifier de-
» vant un examen plus attentif des faits. On a reconnu que les
» voies navigables et les chemins de fer sont destinés, non à se
» supplanter, mais à se compléter. Entre les uns et les autres
» s'effectue un partage naturel d'attributions. Aux chemins de fer
» va le trafic le moins encombrant, celui qui réclame la vitesse
» et la régularité et qui supporte le mieux les frais de transport:
» aux voies navigables reviennent les marchandises lourdes et de
» peu de valeur, qui ne sauraient se déplacer qu'à peu de frais,
» qui ne donnent aux chemins de fer qu'une rémunération illu-
» soire et qui les encombrent plutôt qu'elles ne les alimentent.

» Les voies navigables remplissent encore une autre destination.
» Par leur seule présence, elles contiennent, elles modèrent les

» taxes des marchandises qui préfèrent la voie ferrée; elles sont » pour l'exploitant du railway un avertissement de ne pas dépas- » ser la limite au delà de laquelle le commerce n'hésiterait pas à » sacrifier la régularité à l'économie. A cet égard, les voies navi- » gables sont bien plus efficaces que les voies ferrées concurrentes, » car celles-ci, par cela même qu'elles luttent entre elles à armes » égales, finissent généralement par s'entendre plutôt que de s'en- » traîner dans une ruine inévitable; tandis que la batellerie et » le railway se distribuent naturellement le trafic qui leur est le » mieux approprié. »

Le style de ce document, que j'admire, est sans doute de M. de Freycinet, mais la théorie qui en forme le fond, la théorie ancienne du partage idyllique du trafic, et de l'action modératrice sur les tarifs, théorie que je vais avoir à combattre, avait été rééditée par la Commission de l'Assemblée nationale de 1872-1874. Rappelez-vous, Messieurs, l'évolution de cette théorie.

En 1845, on soutenait que les voyageurs seuls constituaient la clientèle légitime des chemins de fer, que les marchandises revenaient aux canaux. En 1874, on ne réclame plus pour ceux-ci que les marchandises « pauvres » (mot de M. Pontzen, que je retiens).

Eh bien! même ce partage modeste est démenti par les faits ! Car d'un côté, ne voyons-nous pas le chemin du Nord et tous les chemins de fer parallèles à des voies navigables retenir la plus forte ou au moins une très forte part des marchandises pauvres ? Et ne vous ai-je pas lu une lettre du Directeur des travaux de la *Ville de Paris*, déclarant que ses matériaux de construction donnent la préférence aux chemins de fer ? Et, de l'autre côté, ne voyons-nous pas les voies navigables s'emparer partout où elles le peuvent des marchandises riches? Dans une brochure toute récente, que je suis heureux d'offrir à la Société de la part de son auteur, M. Baras, je lis à la page 23 :

« Les bateaux à vapeur circulent maintenant sur les rivières » canalisées et sur les canaux portant des marchandises de toute » nature, groupées pour parfaire le chargement du bateau. Les » vins, les sucres, les bougies, les cafés, le coton, les huiles, les » savons, qui entrent pour une part de jour en jour croissante » dans le trafic des canaux, ne sont pas précisément de ces mar-

» chandises qui ne sauraient supporter les frais de transport, qui » surchargeraient le chemin de fer sans lui procurer un bénéfice » appréciable ».

Et tout à l'heure, je vous ferai voir qu'il en est absolument de même en Allemagne, sur les voies navigables bien placées et bien conditionnées.

Parmi ces dernières, je rangerai aussi le canal de l'Érié, qui possède des écluses jumelles et dont le parcours se complète, sur un tiers presque de la distance totale, par celui d'un beau fleuve, celui de l'Hudson. M. Pontzen, qui nous en a beaucoup parlé, a dit entre autres que ce canal rapportait toujours à son propriétaire, l'État de New-York, bien que le péage soit complètement aboli depuis 1883. Si M. Pontzen a voulu parler des avantages indirects, je lui ferai observer que c'est une consolation un peu platonique pour un trésor en détresse, et un argument dangereux entre les mains de ceux qui se plaisent à l'épuiser.

M. Pontzen a rappelé parmi les avantages des voies navigables la faculté d'opérer des chargements et des déchargements sur des points quelconques du parcours. C'est vrai en théorie; mais, en pratique, l'exercice de cette faculté, d'un avantage bien minime d'ailleurs, est singulièrement entravé par les règlements de police, et sur les voies les plus fréquentées il est généralement délaissé. Entre Rotterdam et Manheim, les bateaux s'arrêtent le moins possible et dédaignent même les escales secondaires.

Pour expliquer le faible tonnage moyen de la plupart des voies navigables françaises, M. Fleury a pensé que la statistique comprenait toutes les voies classées. C'est une erreur ! La statistique officielle ne compte que les longueurs réellement fréquentées.

J'arrive au canal de l'Est que, selon M. Fleury, j'aurais jugé trop sévèrement. M. Fleury est certainement l'adversaire le plus aimable et auquel on est disposé d'avance à faire toutes les concessions possibles. Il a demandé que, pour ce canal, si jeune encore, nous attendions que son trafic ait eu le temps de se développer. Pour mon compte, j'attendrai très volontiers; à mon âge, on ne demande qu'à vivre. En attendant, pour juger avec équité l'intéressant jeune homme, faisons comme *Tristram Shandy*, qui commence l'histoire de sa vie neuf mois avant sa naissance.

Voici ce qu'on lit dans le rapport de la Commission de l'Assem-

blée nationale sur la loi relative au canal de l'Est (loi promulguée le 24 mars 1874). Après avoir chiffré en détail le trafic présumé et être arrivé à un tonnage moyen de 1,008,000 tonnes, le rapport ajoute :

« A notre avis, cette moyenne sera promptement atteinte, et » avant longtemps dépassée. La voie navigable nouvelle, qui a » autant d'éléments de prospérité que le canal Saint-Quentin, » atteindra, suivant toute probabilité, le même trafic, soit 1,750,000 » tonnes... Le canal de la Marne au Rhin, qui se trouve en dehors » des grands courants commerciaux et débouche dans une rivière » dont l'amélioration vient seulement d'être terminée, transporte » aujourd'hui 500,000 tonnes ; le canal de la Sarre, deux ans après » son achèvement, atteignait un mouvement de plus de 700,000 » tonnes : tous les deux montrent ce que l'on peut attendre de la » nouvelle voie. »

Le canal de l'Est ayant été ouvert en 1882, reportons-nous à deux ans après, à 1884, et nous nous trouvons en présence d'un tonnage de 126,000 tonnes au lieu de 700,000, dont nous venons d'entendre parler.

Pour les années suivantes, le tonnage moyen n'est pas encore officiellement publié, mais on peut le calculer approximativement à l'aide des tonnes embarquées, que publie de mois en mois le *Bulletin des travaux publics*, et à l'aide de l'hypothèse très plausible, que le parcours moyen de la tonne embarquée n'ait pas varié.

Pour 1885, on trouve ainsi une diminution de 9 0/0, soit un tonnage de $126,086 \times 0,91 = 114,700$ tonnes.

Pour 1886, il y a jusqu'à la fin de novembre (dernier mois publié) une augmentation de 15 0/0, et en l'admettant pour l'année entière on trouve un tonnage moyen de $126,086 \times 1,15 = 145,000$ tonnes.

C'est, depuis deux ans, un accroissement annuel de 9,500, disons 10,000 tonnes. Si cet accroissement se maintient jusqu'à la fin du siècle, on aura en l'an 1900 un tonnage de 285,000 tonnes et nul ne peut dire si jamais on atteindra le million du programme.

D'ailleurs, ne l'oublions pas, il y a aussi des tonnages qui diminuent. En voici quelques exemples, pris au hasard.

Kilomètres	CANAUX	TONNES KILOMÉTRIQUES			RAPPORTS °/₀		
		1872	1882	1884	1872	1882	1884
38	Colme.	3.052.000	2.267.000	2.614.000	100	74	86
360	Nantes-Brest.	15.503.000	12.475.000	13.374.000	100	80	86
72	Sambre-Oise (concédé) . . .	38.981.000	25.099.000	31.250.000	100	64	80
12	Vire et Taute.	1.635.000	79.000	120.000	100	5	7
482		59.172.000	39.920.000	47.358.000	100	67	80
190	Rhône au Rhin.	32.422.000	31.878.000	30.620.000	100	98	94
74	Orléans.	3.784.000	2.746.000	2.522.000	100	72	67
264		36.206.000	34.624.000	33.142.000	100	96	92

Il me reste à parler du second point du rapport de M. de Freycinet, de « l'*action modératrice* » sur les tarifs de chemins de fer.

M. Fleury a dit que les projets autrichiens étaient peut-être dus à la pensée de créer cette action modératrice. Cela est vrai pour le canal du Danube à l'Oder et pour l'époque de sa conception. Les tarifs du Nordbahn, basés sur un cahier des charges de 1836, échappaient alors à tout contrôle du gouvernement et dépassaient, si je me rappelle bien, 5 centimes par tonne kilométrique de houille. Mais, en 1886, la concession a été renouvelée et le tarif de la houille descend aujourd'hui à 2^{c} 8.

M. Fleury a aussi cité une brochure du général Türr, qui démontrerait le bas prix de la navigation en Hongrie. Savez-vous le prix de la tonne kilométrique qui résulte des frets qui y sont indiqués? Ce prix varie généralement entre 2^{c} 8 et 3^{c} 4, j'en ai trouvé un seul descendant à 1^{c} 72, et ce, dans une relation concurrencée par un chemin de fer.

M. Pontzen a cité l'exemple du canal de l'Érié comme l'un des exemples les plus topiques de l'utilité, de la nécessité de l'action modératrice. Il a cité à l'appui le fret de 0^{c} 9 atteint sur le canal de l'Erié (au lieu de 1 cent. que j'avais indiqué, page 763). Mais n'oublions pas que les chemins de fer en concurrence avec l'Erié n'étaient contenus par aucun contrôle digne de ce nom, que leurs tarifs variaient du jour au lendemain et atteignaient parfois des

hauteurs fantastiques. L'exemple en question ne me paraît donc pas applicable à la France, ni à l'Europe en général.

Quant à la France, l'action modératrice des canaux a eu de singuliers commencements. M. Carimantrand nous a rappelé tout à l'heure qu'autrefois le fret atteignait sur la Seine 30 à 35 fr. pour 370 kil., soit 8 à 9c.4 par t. kil. La Commission d'enquête de l'Assemblée nationale raconte, de son côté, qu'avant l'ouverture du chemin de fer de Paris à Lyon, le fret entre ces deux villes s'élevait généralemeut à 6 centimes. A l'origine, l'action modératrice s'exerçait donc en sens inverse ; c'étaient les chemins de fer qui modéraient, et les voies navigables qui avaient besoin d'être modérées!

Aujourd'hui, assurément, il n'en est plus ainsi, mais en raison des conventions de 1883, en raison des nouvelles conditions de la garantie, ce n'est plus en général l'actionnaire qui paie les frais de la guerre, c'est le trésor public! L'action modératrice s'exerce, mais pas sur les chiffres croissants portés au budget, au chapitre des garanties d'intérêt!

Rhin et Elbe. — J'ai fait tout à l'heure une distinction entre des voies navigables bonnes et des voies navigables médiocres. Vous saisirez davantage cette distinction par les détails supplémentaires que je puis aujourd'hui vous donner sur la navigation du Rhin et de l'Elbe, détails que je puise dans un travail remarquable et tout récent, publié par M. Todt à Cologne, dans la livraison de mars de l'*Archiv* des chemins de fer, dont je suis heureux de pouvoir faire hommage à la Société.

Vitesse de la navigation sur le Rhin. — Le halage ne paraît être employé que très exceptionnellement.

Les bateaux à voile parcourent, remonte et descente confondues, en moyenne 30 kil. par jour.

Les remorqueurs, qui constituent le moyen le plus usité, font:

5 kil. par heure à la remonte,
10 — — descente,

en moyenne $7\frac{1}{2}$, soit 100 à 115 kilomètres par jour,

c'est-à-dire 3 à 4 fois autant que les voiliers.

Les bateaux à vapeur porteurs, enfin, font :

10 kil. par heure à la remonte,
15 — — descente.

en moyenne $12\frac{1}{2}$, soit 180 à 200 kilomètres par jour.

Fret. — Le fret maritime de l'Amérique du Nord aux ports allemands (5 à 6,000 kilomètres) est de 10 marcs par tonne de grains, soit 0c 25 par tonne kilométrique.

Le fret maritime des côtes orientale et occidentale de l'Angleterre aux ports allemands (700 à 1,400 kil.) est de 4 à 5 marcs par tonne de charbon, soit 0c 6 à 0c 9 par tonne kilométrique.

Le même entre les ports allemands de la mer du Nord et les ports prussiens et russes de la Baltique (1,300 à 2,000 kil.), généralement de 5 marcs (à la voile), soit 0c 25 à 0c 50 par tonne kilométrique.

Le fret rhénan, naturellement, n'atteint pas ces limites et est d'ailleurs excessivement variable. Voici les prix qui peuvent passer pour des moyennes.

Ruhrort à Rotterdam et Dortrecht (à la descente, avec presque certitude d'un chargement en retour) :

210 à 220 kil. 1 marc 70 la t. ; soit 1 c. par t. kil.

Ruhrort-Cologne : (faible distance, remonte, pas de chargement en retour.)

	92 kil.	2 marcs	la tonne;	soit	2c 8	par t. kil.
— Coblence	187	2	—	—	1.4	—
— Mayence	279	3	—	—	1.3	—
— Manheim	352	3.60	—	—	1.2	—

Fret sur l'Elbe, 1c 25 en moyenne; pour les grandes distances, ou à la descente 1 centime.

Moyennes approximatives générales pour le Rhin et l'Elbe, 1 centime à 1c 9 plus 10 à 20 0/0 d'assurance et de droits divers.

En regard de ces chiffres, les chemins de fer allemands (dont les chemins de fer de l'Etat prussien forment une partie notable) ont perçu, en 1884, au minimum (sauf de rares exceptions) 3c 7, au maximum 15 centimes, en moyenne 5 centimes par tonne kilométrique.

C'est environ le triple du fret fluvial!

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que le tonnage des deux grands fleuves allemands n'ait fait qu'augmenter.

Sur l'*Elbe*, en amont de Hambourg, il passait, tant à la remonte qu'à la descente,

en 1859 500.000 tonnes.
1885 2.400.000 —

Augmentation annuelle 15 0/0.

Sur le *Rhin*, à Emmerich (frontière prusso-hollandaise),

en 1840 381.000 tonnes.
1883 4.500.000 —

Augmentation annuelle 25 0/0.

A cet essor vraiment extraordinaire on peut assigner les cinq causes suivantes :

1° Les travaux d'amélioration entrepris dans le lit des deux fleuves et de leurs affluents ;

2° L'absence de péage ;

3° L'élévation et la rigidité des tarifs des chemins de fer ;

4° Les progrès incessants de la navigation à vapeur, favorisée par la largeur et la profondeur du courant et par l'absence complète d'écluses. Enfin et surtout,

5° La position en quelque sorte privilégiée des ports de Hambourg et de la Hollande, auxquels l'Elbe et le Rhin aboutissent, ports d'importation et d'exportation à la fois, qui font participer la navigation fluviale à l'essor de la navigation maritime.

D'après les dernières statistiques, celles relatives à 1884, les chemins de fer ont transporté :

107.000.000 t. à la dist. moy. de 140 kil.

les voies navigables :

19.500.000 t. à une distance au moins double (sur le Rhin 200 à 560 kil.) > 300 kilom. en moyenne.

126.500.000 tonnes.

Malgré la rareté des canaux, malgré la faible étendue totale des voies navigables allemandes, celles-ci ont donc, absolument comme en France, effectué environ $\frac{1}{6}$ du trafic total.

Ce qui tend à limiter la navigation allemande, c'est que peu de transports peuvent s'effectuer entièrement par eau ; la plupart des expéditions exigent un transport complémentaire par chemin de fer, soit au départ, soit à l'arrivée, quelquefois les deux à la fois, ainsi notamment pour les échanges entre le bassin de la Ruhr et l'Allemagne méridionale.

Une autre difficulté provient des allongements de parcours dus aux sinuosités des voies navigables :

Différence de parcours :

	Chemin de fer	Navigation	Soit en plus
Hambourg-Berlin	285 kil.	400 kil.	44 0/0
Hambourg-Magdebourg	250 »	300 »	20 »
Hambourg-Dresde	470 »	585 »	24 »
Rotterdam-Manheim	520 »	560 »	7 »
Ruhrort-Manheim	320 »	350 »	9 »

Malgré ce double désavantage, la navigation du Rhin et de l'Elbe fait aux chemins de fer une concurrence victorieuse pour des marchandises qui ne sont, à proprement parler, ni encombrantes ni pauvres.

Ainsi, Manheim-Ludwigshafen a reçu en 1884 :

	Par chemin de fer	Par le Rhin
Des *huiles minérales*	5,000 tonnes	24,000 tonnes, 5 fois autant.
Du *riz*	200 —	4,500 — 22 fois autant.

Cette supériorité de la navigation se manifeste surtout pour les grandes distances (Rotterdam-Manheim, 566 kil.).

Voici, du reste, la répartition générale des marchandises transportées tant sur les trois principaux réseaux fluviaux que sur les chemins de fer d'Allemagne :

RÉPARTITION DES MARCHANDISES (D'après leur tonnage effectif.)	1884			
	BASSINS			ENSEMBLE des CHEMINS DE FER allemands
	DU RHIN	DE L'ELBE	DE L'ODER	
	%	%	%	%
Houille, coke et lignites. . .	47.0	18.0	27.0	48.5
Bois	9.6	10.9	30.0	5.8
Pierres et briques.	7.0	18.0	7.3	7.6
Grains, graines et pommes de terre.	11.7	10.3	4.0	6.2
Minerais	5.2	0.1	0.2	4.1
Métaux bruts et ouvrés . . .	4.0	2.6	6.7	6.6
Pétrole, graisses.	0.7	3.0	3.1	0.7
Ciments, chaux, argile, sable.	3.1	8.3	1.7	3.8
Sucre, sirop, mélasse	0.7	7.0	3.7	1.4
Divers	11.0	21.8	16.3	15.3
	100.0	100.0	100.0	100.0

De ces chiffres mon auteur tire la conclusion suivante :

« Quant à la nature des marchandises transportées, il n'existe » aucune différence essentielle entre les voies navigables et les » voies ferrées. Les marchandises ourdes et de peu de valeur do- » minent de part et d'autre, sur les chemins de fer — ce semble — » encore plus que sur les voies navigables. Il s'en faut que les » voies navigables observent cette abstinence qu'on leur suppose » généralement de certains articles ; elles ne dédaignent pas du » tout les marchandises d'un prix élevé, ni même les petits colis. » Et la statistique prouve que leur participation à ces sortes de » transports augmente d'année en année. »

De tous ces faits ne résulte-t-il pas que le Rhin et l'Elbe occupent une place à part? M. Fleury voudrait y associer le Danube, ne fût-ce que dans l'avenir. Je ne demande pas mieux ! Mais M. Fleury demande aussi grâce pour la mer Noire, que j'ai appelée un *cul-de-sac*. Messieurs, connaissez-vous cette mer? Figurez-vous que cette mer que l'on appelle noire, est en réalité bleue, souvent même bleu-clair ! J'y ai, d'ailleurs, eu un mal de mer affreux. D'après cela, vous comprenez que pour une mer aussi trompeuse,

je ne puis rien faire, et qu'il n'est pas mauvais qu'elle reste à l'état de cul-de-sac.

En présence des résultats superbes de la navigation du Rhin et de l'Elbe (résultats que, pour ma part, je mets sur le compte d'une libéralité exceptionnelle de la nature), beaucoup de personnes s'étonnent et s'indignent presque de la stagnation des autres voies navigables, tant françaises qu'étrangères. M. Fleury est de ceux qui croient que la batellerie est coupable de cette immobilité, et il lui reproche son manque d'organisation. Il n'est pas le premier à formuler ce reproche qui a déjà été articulé avec beaucoup de force dans les rapports de M. Krantz à l'Assemblée nationale de 1872 à 1874. Mais, comme pendant les quinze années qui se sont écoulées depuis, la situation ne s'est pas améliorée notablement, il faut bien croire qu'il y a certaines difficultés majeures, dont on ne triomphera guère mieux dans l'avenir que dans le passé. Je ne puis que les indiquer ici. C'est d'abord la difficulté d'accélérer la vitesse à travers de nombreuses écluses encombrées, et sans dégrader les talus de nos étroits canaux ; c'est la difficulté d'y opérer de nombreux croisements et trématages, et enfin, et surtout, de créer un service régulier comme sur les chemins de fer, sans retomber dans le monopole. Car le monopole des transports sur les canaux s'entendrait immédiatement avec le monopole des chemins de fer, et c'en serait fait de « l'action modératrice de la navigation. »

En Prusse, les succès du Rhin et de l'Elbe ont fait germer une autre idée. C'est de créer un type de canaux se rapprochant de ces fleuves par leurs dimensions et permettant la traction à vapeur sans création de monopole. Il faut convenir qu'avec des écluses espacées de 100 à 150 kilomètres (comme dans le projet dont je vous ai entretenus), cette idée a plus de chance de succès en Prusse que partout ailleurs. Le canal de la Marne au Rhin possède 57 écluses sur 100 kilomètres; celui de Bourgogne, 79 sur 100 kilomètres). Comme je le disais, il sera donc très intéressant de suivre l'expérience tentée par le gouvernement prussien.

J'ajoutais que, pour ma part, je n'attribuais pas une importance décisive au calibre des bateaux, et je citais à l'appui le fort trafic du canal du Berry, aux écluses de $2^{m}70$, et le faible trafic du canal du Midi, aux écluses de 6 mètres. M. Roy repousse l'exemple du canal du Midi, tant qu'il sera livré à la Compagnie du chemin

le fer. Je ne saisis pas bien l'objection, car si réellement, comme le prétendent mes contradicteurs, la traction sur le canal était moins chère que sur les rails, la Compagnie du Midi aurait tout intérêt à abandonner la plus grosse part du tonnage au canal, sauf à y percevoir un péage d'autant plus élevé. Le péage du canal représente pour elle un bénéfice net, et comme il s'élève à 2 et à 3 centimes par tonne kilométrique, je doute que la Compagnie réalise un bénéfice pareil sur tous ses transports par voie de fer. Je conçois donc qu'on repousse l'exemple du canal du Midi quand il s'agit de l'élévation du fret, mais non quand il s'agit du tonnage.

Je termine par un coup d'œil général sur nos voies de communication.

Voici d'abord nos *routes*, dont tout le monde se sert et dont l'usage est gratuit. — Gratuit? Non! car, à part quelques rares étrangers, tous ceux qui s'en servent sont des contribuables, et tous les contribuables contribuent à l'entretien des routes. Le péage sur les routes, dont la perception serait aujourd'hui fort gênante, est remplacé par l'impôt, et cette substitution n'est en rien contraire à la justice et à l'équité, parce que, je le répète, il n'est presque personne qui ne profite des routes, directement ou indirectement.

Nous avons ensuite nos *chemins de fer*, dont le produit brut dépasse un milliard, mais ne suffit pas pour couvrir les charges de toute nature; il faut y ajouter plus de 100 millions par an, demandés à l'impôt. Et comme l'impôt semble près d'atteindre sa limite, l'idée qui se présente n'est certainement pas d'augmenter la part de l'impôt, mais plutôt celle d'augmenter, s'il se peut, le trafic des chemins de fer, et de faire payer à ceux qui s'en servent, assez pour dispenser de la garantie de l'État et du recours à l'impôt.

Entre les routes et les chemins de fer se placent les *voies navigables*, qui ont cela de commun avec les chemins de fer que tout le monde ne s'en sert pas également. (Il y a des provinces entières qui n'en possèdent pas.) Cependant on les traite non comme les chemins de fer, mais comme les routes, en mettant leur entretien et les intérêts du capital de premier établissement à la charge

du contribuable. L'État, propriétaire des canaux, se fait ainsi concurrence à lui-même, comme garant des chemins de fer.

« Au moment où il n'est question que d'économies, de mesures » destinées à augmenter les ressources du Trésor, ce serait le cas » ou jamais de revenir sur certaines libéralités maladroites. Le » rétablissement des droits de péage (sur les canaux), telle est, » dans les circonstances actuelles, la mesure qui nous paraît s'im- » poser, que nous osons réclamer hardiment. »

Telle est, Messieurs, la conclusion de la brochure de M. Baras. Je m'y associe, pour mon compte, d'autant plus volontiers, que je suis heureux de me trouver, en cela, d'accord avec la Commission de l'Assemblée nationale et avec son éminent rapporteur, M. Krantz, qui, à une époque où les finances étaient beaucoup moins obérées, a combattu de toutes ses forces l'abolition des droits de péage sur les voies navigables, abolition votée en 1880, on ne sait trop pourquoi.

L'heure s'avance, Messieurs! Heureusement nous ne sommes pas constitués comme un Jury anglais, qui ne peut se séparer que quand tous ses membres sont du même avis. Chacun de nous peut s'en aller, et s'en ira probablement — comme moi — en emportant avec lui les idées qu'il avait apportées. Nous nous sommes peut-être rapprochés dans la question des *nouveaux canaux à créer*, question soulevée par mon livre en vue de l'Autriche; mais en est-il de même dans la question à peine effleurée des *reconstructions*, question qui intéresse particulièrement la France contemporaine?

CHRONIQUE

Sommaire. — Frottement des tiroirs de machines à vapeur. — Renversement d'un train par le vent. — Développement de quelques villes des Etats-Unis. — Machine à quadruple expansion. — Le capitaine Eads. — Les chemins de fer en Suède.

Frottement des tiroirs de machines à vapeur. — L'importance du frottement des tiroirs de machines à vapeur constitue une question des plus controversées. Alors que certains considèrent ce frottement comme donnant lieu à une perte de travail considérable, d'autres, se basant sur les rendements élevés observés dans la plupart des machines de construction moderne, estiment que ce frottement ne donne lieu qu'à une consommation de puissance presque négligeable.

Aussi des expériences directes sur ce sujet doivent-elles être accueillies avec beaucoup d'intérêt.

Pénétré de l'importance de la question, nous avions en 1873 avec le concours et dans les ateliers de M. Clair, constructeur de machines de précision à Paris et membre de la Société, commencé des expériences dans lesquelles nous cherchions à évaluer, à l'aide d'une manivelle dynamométrique, la résistance d'un tiroir se mouvant dans une boîte communiquant avec une chaudière à vapeur.

Nous constations en premier lieu qu'une plaque, se mouvant sur une table sans orifice, ne donnait lieu à aucune espèce de résistance, parce que la pression de la vapeur se transmettait immédiatement entre la plaque et la table. Il était de toute nécessité que la table fût percée d'un orifice en communication avec un milieu où la pression se trouvait moindre que dans l'intérieur de la boîte.

Avec un tiroir creux, analogue à celui d'une machine à vapeur et se mouvant sur une table percée d'un orifice mettant l'intérieur du tiroir en communication avec l'atmosphère, alors que la boîte où était ce tiroir recevait la pression de la chaudière, nous remarquâmes en constatant l'effort moyen nécessaire pour déplacer le tiroir, mesuré sur la manivelle dynamométrique, que la résistance du tiroir était très inférieure à ce qu'on pouvait trouver avec les coefficients de frotte-

ment les plus modérés et nous fûmes amenés à conclure que la pression qui appuyait le tiroir sur la table était moindre que la différence entre le produit de la surface extérieure par la pression de la chaudière et celui de la surface intérieure par la contre pression, ce qui devait tenir évidemment à une transmission partielle de la pression de la vapeur entre les surfaces en contact. L'expérience répétée avec de l'air comprimé et de l'eau sous pression donnait le même résultat.

Des circonstances de natures diverses nous empêchèrent de donner suite à ces recherches.

Nous n'avions toutefois pas perdu de vue la question et c'est avec un vif intérêt que nous avons pris connaissance dans les *Transactions of the American Society of Mechanical Engineers*, d'un travail très remarquable du professeur S. W. Robinson sur la pression réelle sur les tiroirs.

L'auteur admet l'hypothèse que, dans le cas d'une bande de tiroir portant sur une table et séparant des capacités à pressions différentes, il existe entre les surfaces en contact apparent, une lame infiniment mince du fluide allant de la forte pression vers la basse pression, de sorte que la pression moyenne qui agit pour écarter les surfaces serait la moyenne arithmétique des pressions extrêmes. Ceci n'est exact que dans le cas d'un fluide incompressible, tel que l'eau. S'il s'agit d'un fluide élastique, vapeur ou air, la décroissance des pressions s'opère d'après une autre loi et la pression moyenne est un peu moindre.

Pour donner un exemple de la réduction de pression sur un tiroir à laquelle conduit cette manière d'opérer, nous prendrons un tiroir carré de $0^m,25$ sur $0^m,25$ de dimensions extérieures avec une cavité intérieure de $0^m,10$ sur $0^m,10$. Les bandes auront donc 75 millimètres de largeur. Pour une pression extérieure $p_1 = 6$ kilog. et une pression intérieure $p_2 = 1$ kilog par centimètre carré, la pression sur le tiroir semble être avec la manière ordinaire de l'apprécier $625 \times 6 - 100 \times 1 = 3650$ kilog.

D'après les tables dressées par M. Robinson, on a, suivant qu'il s'egit d'eau ou d'un fluide élastique, pour $\frac{p_1}{p_2} = 6$, 1,610 kilog. ou 1,350. C'est donc moins de la moitié de la pression apparente.

Cette théorie a été confirmée par des expériences faites en 1881 au laboratoire de mécanique de l'Université de l'Etat d'Ohio, par M. I. H. Mac Ewen.

L'appareil employé se composait d'une boîte fermée étanche dans laquelle on introduisait de la vapeur sous pression; la base de cette boîte constituait une table bien dressée avec un trou central. Sur cette table était une sorte de tiroir ou caisse renversée dont l'intérieur communiquait avec l'atmosphère par le trou dont il vient d'être question; une tige centrale poussée par un levier chargé de poids permettait de

trouver l'effort nécessaire pour soulever le tiroir malgré la pression qui l'appuyait de haut en bas. Les expériences ont donné une similitude presque complète entre les coefficients observés et les coefficients obtenus par le calcul, suivant la théorie de M. Robinson. Nous ne savons toutefois si on peut entièrement assimiler le cas d'un tiroir en mouvement plus ou moins rapide sur une table avec celui d'un tiroir immobile soumis à la différence de deux pressions. Quoi qu'il en soit, il nous a paru utile de signaler ces recherches aux personnes que la question intéresserait, pour qu'elles puissent, le cas échéant, se reporter au texte même de l'auteur américain, de la théorie duquel nous n'avons pu donner qu'une idée générale.

Dans le dernier volume des mêmes Transactions se trouve la description d'un appareil dynamométrique destiné à donner un diagramme représentant l'effort nécessaire pour mouvoir un tiroir pendant la marche de la machine.

L'auteur du Mémoire, M. C.-M. Giddings, employa d'abord un cylindre fixé à la tige du tiroir et contenant un piston bien étanche relié à un prolongement de cette tige. L'intérieur des deux cavités du cylindre rempli d'huile était mis en communication avec un indicateur analogue à ceux qu'on emploie pour relever des diagrammes sur les machines à vapeur, mais de très petites dimensions. On conçoit que cette disposition permettait d'enregistrer la variation des efforts exercés pour mouvoir le tiroir et transmis par l'huile au piston de l'indicateur, sans que le déplacement fût assez important pour apporter des perturbations dans les mouvements du tiroir, et par suite dans les différentes phases de la distribution de la vapeur.

Cette installation rudimentaire présentait beaucoup d'inconvénients, notamment au point de vue des masses en mouvement dont, à une certaine vitesse, l'influence était suffisante pour déranger le mouvement du tiroir. L'auteur fut donc obligé de recourir à une autre disposition composée de ressorts fléchissant dans chaque sens du mouvement de la tige, et dont le déplacement très faible était amplifié pour permettre d'obtenir un diagramme suffisamment lisible. Il serait difficile de décrire ce dynamomètre sans l'aide de figures; nous nous contenterons d'énoncer les résultats les plus importants obtenus avec son emploi.

1° Machine à cylindre de $0^m,170$ de diamètre et $0^m,250$ de course.

Nombre de tours.	Travail sur l'arbre. Chevaux.	Proportion du travail pour mouvoir le tiroir.
—	—	—
125	3	2 p. 0/0
175	9	1.2 —
200	13.5	1.4 —

2° Machine à cylindre de $0^m,220$ de diamètre et $0^m,305$ de course, tiroir ordinaire.

Nombre de tours.	Travail sur l'arbre. Chevaux.	Proportion du travail pour mouvoir le tiroir.
100	5.5	4.5 p. 0/0
»	7	3.5 —
»	8.25	4 —
»	8.9	6 —
»	11.1	7.3 —

3° Machine à cylindre de $0^m,220$ de diamètre et $0^m,360$ de course, avec tiroir équilibré.

Nombre de tours.	Travail sur l'arbre. Chevaux.	Proportion du travail pour mouvoir le tiroir.
100	11.4	1.2 p. 0/0
»	13.5	1.1 —
»	14	1 —
»	15.6	1 —

Les chiffres de ces tableaux présentent quelques anomalies qui tiennent sans doute à la difficulté de relever les diagrammes et surtout d'évaluer la surface de figures extrêmement mouvementées.

Enfin le *Railroad Gazette* rapporte de récentes expériences faites sur le Chicago, Burlington and Quincy Road, relativement à cette même question. L'appareil est du genre du premier qui a été indiqué ci-dessus; il se compose d'un cylindre fixé à la tige de commande, alors que le piston est fixé à la tige même du tiroir; le cylindre est plein d'eau et la pression exercée sur cette eau est transmise au piston d'un indicateur enregistreur. Le jeu produit par le déplacement du piston est négligeable.

On a constaté que l'effort moyen nécessaire pour déplacer un tiroir ordinaire de locomotive est de 450 kilogr.; il ne faut qu'un effort de 135 pour les tiroirs équilibrés du modèle actuellement en usage sur le Chicago, Burlington and Quincy Railroad.

Le journal auquel nous empruntons ces renseignements ajoute ce qui suit, et que nous traduisons textuellement en lui en laissant toute la responsabilité :

« On a trouvé que dans une machine à voyageurs du type ordinaire marchant au cran correspondant à une course du tiroir de 115 millimètres, l'effort de traction sur la tige du tiroir ne dépassait pas 37,15 kilogr., soit moins de un demi-kilogr. par tonne de machine et tender (1). Avec des tiroirs équilibrés, on descend à 11,3 kilogr., soit environ $0^{kg},150$ par tonne de machine et tender. »

(1) Nous avons souvent eu occasion de protester contre la prétention qu'ont certains ingénieurs de rapporter toutes les résistances des locomotives au poids des machines; on ne peut en trouver un exemple plus singulier et moins justifié que celui que nous citons ici.

» Ces chiffres sont infiniment au-dessous de ce qu'on admet généralement et indiquent que le frottement des tiroirs a loin d'avoir l'importance qu'on lui attribue dans l'ensemble des résistances propres d'une locomotive. »

» D. K. Clark comptait pour les résistances de la machine et du tender 5kg,44 par tonne du poids additionné de ces deux véhicules; on est fondé à admettre que ce chiffre est trop élevé pour les machines à voyageurs de construction récente en bon état d'entretien. Sans doute la résistance varie d'un type à l'autre de locomotives et est plus élevée pour des machines ayant plusieurs essieux accouplés à roues de faible diamètre. Les formules de Clark pour la résistance des machines et des trains sont basées sur des expériences qui remontent à 30 ou 40 ans et qui ont été faites avec un matériel fixe et roulant qui diffère notablement de ceux qui sont actuellement en usage. L'emploi des rails d'acier, l'amélioration du graissage, les roues de plus grand diamètre, la perfection plus grande de l'ajustage, etc., ont dû notablement contribuer à réduire les résistances, et on peut regretter qu'il n'ait pas été fait avec des types modernes de matériel roulant, des expériences pour déterminer avec précision les lois qui régissent la résistance des trains. »

Nous croyons savoir qu'il aurait été fait vers 1879, au chemin de fer d'Orléans, quelques expériences pour évaluer la résistance des tiroirs de locomotives pendant la marche; en tout cas, il ne paraît pas avoir été rien publié à cet égard.

Renversement d'un train par le vent (1).— L'*Ingénieur* de Kiew donne un article de M. D. Volk sur le fait assez rare du renversement d'un train par le vent, article dont nous devons la traduction du russe à l'obligeance de notre collègue M. Przewoski.

Dans les premiers jours de juin 1886, l'Observatoire supérieur de physique de Saint-Pétersbourg expédiait à Odessa et à la station météorologique d'Elisabethgrad une dépêche donnant à prévoir, pour ce dernier district, un fort vent accompagné de pluie.

La station météorologique d'Elisabethgrad envoyait à son tour des dépêches d'avertissement aux stations du chemin de fer à l'ouest d'Elisabethgrad, ces stations constituant pour elle des points d'observation d'où les chefs de gare lui envoient tous les jours un bulletin de l'état du temps.

Ces communications ont, d'ailleurs, un caractère très primitif et n'impliquent en aucune manière l'indication de précautions à prendre, précautions dont il serait, du reste, assez difficile de spécifier la nature.

(1) On trouve dans les *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, année 1868, p. 92, une note de M. Nordling sur un accident de ce genre causé par le vent au chemin de fer du Midi.

Quoi qu'il en soit, la tempête éclata, dans la nuit du 10 au 11 juin, dans le district d'Elisabethgrad, et amena le renversement d'un train entre les stations de Pomochna et de la Nouvelle-Ukraine sur les chemins de fer Sud-Ouest. Dans les villages voisins de ces stations, plusieurs moulins furent détruits jusqu'aux fondations, beaucoup de bâtiments eurent leurs toitures enlevées, etc.

A 2 heures 22 minutes du matin, un train de marchandises partait de la station de Pomochna, se dirigeant vers la Nouvelle-Ukraine ; ce train était composé de 4 wagons chargés et de 41 wagons vides, rangés dans l'ordre suivant : immédiatement après le tender, un wagon couvert vide, puis 4 wagons couverts chargés de menus colis, 16 wagons couverts vides, 20 wagons plates-formes vides, 2 wagons à charbon vides et enfin 2 plates-formes vides. Sur ces wagons, il y en avait 6 à freins repartis comme suit : le premier après le tender, le 10e, le 11e, le 20e, le 30e et enfin le dernier ou 45e.

Sur le premier wagon à frein il y avait un garde-frein, personne sur le second, le chef de train était sur le troisième, le graisseur sur le quatrième, personne sur le cinquième et un garde-frein sur le dernier.

Au départ de Pomochna, le temps était calme, mais le ciel était chargé de nuages ; environ 35 minutes après, le vent commençait à souffler avec une violence croissante ; le mécanicien, ne voyant aucun danger, continua à avancer avec peine, et le train finit par atteindre la 206e verste en franchissant le disque vert de la station de la Nouvelle-Ukraine. A ce moment, le ciel était sillonné dans tous les sens d'éclairs incessants, le vent augmentait toujours d'intensité et soufflait dans une direction à peu près normale à celle de la marche du train.

Le mécanicien sentit sa machine s'ébranler, puis se produire un choc violent et une rupture ; il arrêta le train et regarda en arrière. En descendant avec la plus grande difficulté, à cause du vent qui soufflait du côté où il se trouvait, c'est-à-dire à droite dans le sens de la marche, il s'aperçut que la machine et trois wagons se trouvaient séparés du train. Averti, le personnel de la station se rendit sur place, et on constata que 2 wagons chargés et 16 vides, tous à la suite les uns des autres, étaient renversés et couchés sur un bourrelet régulier et non interrompu de ballast, latéral à la voie, quelques roues de gauche (dans le sens de la marche) étant appuyées contre le rail de gauche. Les wagons couverts de l'arrière-train et une plate-forme placée devant eux étaient aussi séparés du reste ; ils avaient reculé de quelques mètres, mais étaient restés debout sur les rails.

A la station de la Nouvelle-Ukraine, le vent avait renversé des clôtures et enlevé la toiture du réservoir, tandis qu'à la station de Pomochna la toiture en fer avait été enlevée du bâtiment d'habitation situé près de la halle des marchandises.

Les 18 wagons renversés étaient couchés sur le côté en formant une courbe presque régulière partant à ses extrémités du rail de gauche, de telle sorte que les 2 et 3 à partir de la machine et les 16 et 17 à l'autre extrémité avaient leur roue de gauche appuyée contre le rail de gauche, tandis que les wagons 7 et 8 du milieu étaient éloignés du rail de plus d'un mètre. Les tampons d'arrière du premier wagon après la machine étaient sur les tampons d'avant du second; de même pour tous les autres. On dut donc commencer le relèvement par le premier.

Cette particularité indique une certaine régularité dans la chute; celle-ci commença évidemment par le wagon le plus éloigné de la machine, et les autres suivirent un à un en allant vers l'avant. Le 18e wagon était éloigné d'environ un mètre du rail et du tampon du wagon précédent, son tampon d'arrière étant appuyé sur le wagon plate-forme suivant resté debout sur les rails.

Cette disposition des wagons renversés permet de conclure que c'est le 18e wagon qui a été renversé le premier; pendant sa chute, le wagon plate-forme suivant s'était avancé, par suite de la marche du train, de manière à se mettre entre les tampons du précédent incliné sur le côté, et à venir supporter le tampon de droite de celui-ci.

Les dernières plates-formes, après avoir reçu un choc violent sous la pression du wagon renversé, furent repoussées en arrière, et l'attelage d'arrière du 18e wagon fut arraché. Celui-ci en tombant entraîna dans sa chute le 17e, en contribuant à la poussée du vent; ce wagon entraîna à son tour le suivant, et ainsi de suite.

La séparation de la partie avant du train eut lieu probablement à la suite de la chute des deux premiers wagons qui produisit une résistance brusque qui fit céder les attelages. Après la rupture, la réaction des ressorts des tampons des wagons vides fit reculer ceux-ci, et, en raison de la résistance des wagons de queue déjà tombés, l'ensemble des wagons couchés prit, par suite de cette compression, la forme en courbe déjà signalée, à laquelle contribua également l'action continue du vent. C'est ainsi qu'on peut expliquer la différence de position entre les 18e et 17e wagons et les suivants dont quelques-uns avaient les tampons brisés de manière que les caisses se touchaient.

Après un examen minutieux de la voie et des wagons, on constata que tout était en état normal et qu'on ne pouvait attribuer l'accident à aucun déplacement ou vice dans la voie ou le matériel roulant.

Comme il a été dit plus haut, les dix-huit wagons renversés sont tombés sur le côté sur un dépôt de ballast latéral à la voie. Ce ballast a-t-il eu pour effet de favoriser l'accident en accroissant la force du vent? il est difficile de se prononcer à cet égard; mais, en tout cas, on peut dire qu'il a agi efficacement pour réduire les avaries survenues aux wagons qui en somme ont eu peu de mal.

Deux des derniers wagons renversés portaient de 3,000 à 3,500 ki-

logrammes. Si on adopte l'hypothèse que ces wagons sont tombés par l'entraînement des suivants, l'état de chargement n'a pas de signification réelle relativement à la détermination de l'effort de renversement.

(A suivre).

Développement de quelques villes des États-Unis. — On peut donner comme exemple frappant de la rapidité du développement de certaines villes, le tableau ci-dessous, que reproduisent plusieurs journaux américains, de la population successive de trois grandes cités de l'Union.

Années	New-York	Philadelphie	Chicago
1830	238.800	188.800	45
1840	398.500	261.500	4.400
1850	766.700	432.300	34.500
1860	1.332.700	599.800	122.700
1870	1.760.100	706.800	321.500
1880	2.303.600	894.900	572.600

On doit faire observer que dans la population de New-York sont comptées celles des localités qui peuvent être considérées comme des faubourgs de cette ville, telles que Brooklyn, Jersey City, Hoboken, etc., et que pour Chicago, on a compté le territoire entre Hyde Park et Evanston.

En somme, en cinquante ans la population de Nev-York a décuplé, celle de Philadelphie a seulement augmenté dans le rapport de 1 à 4 1/2, tandis que celle de Chicago s'est accrue dans la proportion de 1 à 12,500.

Machine à quadruple expansion. — Les machines à quadruple expansion, c'est-à-dire celles dans lesquelles la vapeur agit successivement dans quatre cylindres, sont encore très rares, bien qu'on puisse prévoir leur développement en présence de la tendance à accroître de plus en plus les pressions initiales de la vapeur.

La *North Eastern Marine Engineering Company*, de Sunderland, construit en ce moment pour la station de Wandsworth de la Compagnie des eaux de Southwark et Vauxhall, une machine élévatoire à quadruple expansion ; cette machine est établie sur les plans de M. Restler, ingénieur de la Compagnie des eaux, et constitue le premier exemple de la quadruple expansion pour cet objet.

C'est une machine verticale du type pilon, ayant quatre cylindres à enveloppes de vapeur des diamètres respectifs de $0^m,344$, $0^m,483$, $0^m,660$ et $0^m,813$, ce qui donne les volumes relatifs de 1, 2, 3,7 et 5,6. La course est pour tous de $0^m,915$.

Ces cylindres sont disposés en tandem par paires, le plus petit au-dessous du troisième et le second au-dessous du quatrième. Les pistons supérieurs ont deux tiges qui descendent latéralement aux cylindres inférieurs, dont les pistons n'ont qu'une tige, et les trois tiges se réunissent à une traverse au milieu de laquelle s'articule la tête à fourche de la bielle motrice, tandis qu'aux deux extrémités de la traverse s'attachent les tiges des pompes qui descendent verticalement dans le puits.

La distribution se fait par des tiroirs équilibrés commandés par des excentriques ordinaires; les trois premiers cylindres ont, en outre, des tiroirs de détente pour permettre d'égaliser autant que possible le travail fait dans chacun.

Il y a une forte plaque de fondation portant les trois paliers de l'arbre dont les deux extrêmes sont très longs, et recevant la base de 4 colonnes en acier qui supportent l'ensemble des cylindres.

Cette plaque repose sur des sommiers en acier disposés au-dessus du puits.

L'arbre à deux coudes opposés a $0^m,205$ de diamètre et porte un volant puissant.

Cette machine est naturellement à condensation et doit fonctionner à la pression initiale de 200 livres par pouce carré, soit un peu plus de 14 kilogs par centimètre carré. Les renseignements ci-dessus que nous empruntons à *l'Iron* auraient besoin d'être complétés par l'indication du type de chaudière qui doit servir à alimenter cette machine.

Le capitaine Eads. — Le célèbre ingénieur américain connu sous ce nom est mort le 8 mars dernier à Nassau, New-Providence. Il était né en 1820 à Lawrenceburg, Indiana. Après avoir reçu une instruction des plus élémentaire, il devint d'abord employé de commerce, puis comptable sur un bateau du Mississipi. Dans cette dernière position, il employait ses moments de loisir à l'étude des sciences relatives à l'art de l'ingénieur pour lesquelles il avait dès son enfance montré le goût le plus vif et les dispositions les plus remarquables, et, en 1842, il construisit un bateau avec cloche à plongeur destiné au sauvetage du chargement des navires submergés.

Il utilisa assez fructueusement cette invention et la céda ensuite à une compagnie moyennant une assez belle somme. Mais l'exploitation malheureuse d'une verrerie qu'il avait fondée à St-Louis vint lui enlever tout ce qu'il avait gagné et beaucoup plus avec.

Il revint à sa première industrie, l'enlèvement des obstacles dans les rivières à l'occasion du grand incendie de 1849 qui ne détruisit pas dans le port de St-Louis moins de 29 bateaux à vapeur. Eads gagna beaucoup d'argent dans ces opérations et y acquit une profonde pratique des questions relatives au cours des rivières. De 1857 à 1861

sa santé très ébranlée l'obligea à renoncer au travail, mais la guerre le fit sortir de son inactivite forcée.

En 1861, il fut consulté par le président Lincoln sur les meilleurs moyens à employer pour améliorer la navigation du Mississipi et, dès l'origine de la guerre de Sécession, il étudia et fit construire pour le gouvernement une flottille de huit navires cuirassés à faible tirant d'eau pour le Mississipi ; ce furent, dit-on, les premiers navires blindés construits aux Etats-Unis et ils furent achevés avec tout leur armement en cent jours.

Ces navires représentaient une jauge collective de 5000 tonneaux et un armement total de 107 canons de gros calibre. Eads construisit ensuite six cuirassés dont les tourelles étaient mues par la vapeur.

Entre 1867 et 1874, Eads étudia et construisit le grand pont en arc et en acier de Saint-Louis sur le Mississipi, ouvrage qui fit sa réputation. Il suffit de rappeler que les arcs de ce pont ont des portées de près de 160 mètres et que les fondations à l'air comprimé ont du aller chercher le roc à travers les sables et les vases du Mississipi à $41^{m},50$ au-dessous du niveau des hautes eaux du fleuve. Il entreprit ensuite le grand travail de l'amélioration de l'entrée du Mississipi au-dessous de la Nouvelle-Orléans, entrée dont l'obstruction par une barre qui laissait à peine $2^{m}50$ d'eau compromettait gravement la prospérité de la grande cité commerciale du Sud. En cinq ans Eads avait obtenu une passe de 600 mètres de largeur et d'une profondeur de 8 mètres atteignant même 9 mètres au milieu, moyennant une dépense de vingt-cinq millions de francs.

Il proposait d'étendre le système des jetées jusqu'à Saint-Louis pour l'approfondissement du Mississipi, mais ce projet n'a pas encore été mis à exécution.

L'ingénieur américain s'est occupé en dernier lieu du projet de chemin de fer pour navires à travers l'isthme de Tehuantepec entre l'Atlantique et le Pacifique, projet qui a donné à son nom une nouvelle notoriété mais qui semble avoir peu de chances de survivre à la mort de son auteur, quelque soit le soin avec lequel celui-ci ait étudié dans ses moindres détails cette entreprise dont la hardiesse n'est pas sans être tant soit peu effrayante.

Contrairement à ce qui a été dit souvent, Eads n'eut jamais de grade ni dans l'armée ni dans la marine des Etats-Unis, et le titre de capitaine qu'on associait généralement à son nom ne l'était que par suite d'une habitude de courtoisie assez fréquente en Amérique.

Eads fut vice-président de la Société Américaine des Ingénieurs Civils et reçut la médaille Albert de la Société des Arts de la Grande Bretagne pour les services éminents rendus par lui à l'art de l'ingénieur.

Il nous paraît difficile de ne pas éprouver un profond sentiment d'admiration pour une personnalité qui, sans autre point de départ initial qu'une instruction des plus élémentaires, est arrivée à exécuter des

travaux comme ceux du pont de Saint-Louis et de l'embouchure du Mississipi.

Les chemins de fer en Suède. — Il y avait à la fin de 1884, en Suède, 6,600 kilomètres de chemins de fer dont 2,312 appartenant à l'État et 4,288 à des Compagnies. Les premiers sont tous établis à voie normale, tandis que des seconds il y a 3,123 kilomètres à voie normale et 1,382 kilomètres à écartement réduit.

Le matériel d'exploitation se composait de 674 locomotives, 1,483 voitures à voyageurs, 75 wagons-poste et 17,169 wagons à marchandises. Il a été transporté en 1884 9 millions de voyageurs et 73 millions de tonnes de marchandises ; le produit net a été pour les lignes de l'État de 3,46 et pour les lignes des Compagnies de 4 0/0 du capital d'établissement.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

MARS 1887.

Rapport de M. le colonel SEBERT sur les **compteurs de tours** fabriqués par M. DESCHIENS.

M. Deschiens s'est fait une spécialité de la construction des compteurs de tours auxquels il a donné des dispositions nouvelles et avantageuses. Il est arrivé à construire des appareils d'un très faible volume pouvant compter directement, sans échauffement ni usure appréciable, les révolutions d'axes faisant jusqu'à 8,000 et 10,000 tours par minute.

Une des dispositions les plus intéressantes est dans la manière dont le mouvement du tambour des unités inférieures se transmet à chaque dizaine au tambour de l'unité supérieure ; il y a là, particulièrement au moment où pour les nombres ronds élevés le déplacement simultané d'un grand nombre de tambours ou cadrans doit se produire instantanément, une grande difficulté que le constructeur a résolue par des moyens ingénieux, mais dont nous ne saurions donner une idée sans le secours des dessins qui accompagnent le rapport.

Un appareil à signaler est un appareil enregistreur des variations de vitesses dans lequel le compteur ordinaire est associé à un cylindre chronographique sur la surface duquel un style porté par le compteur trace des traits alternativement dirigés de gauche à droite et de droite à gauche, dont l'inclinaison par rapport aux génératrices donne la mesure de la vitesse de la machine.

M. Deschiens construit aussi des compteurs électriques dans lesquels il n'y a pas de mouvement d'horlogerie ; l'appareil enregistre les mouvements des palettes d'électro-aimants obéissant à l'action d'un courant électrique périodiquement interrompu.

On peut ainsi compter à une distance quelconque le nombre de tours d'une machine, en adaptant à celle-ci un organe produisant à chaque tour l'interruption d'un courant électrique convenable.

Rapport de M. LAVOLLÉE sur l'**Album de statistique graphique de 1885** publié par le MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS.

Rapport de M. E. RISLER sur les **puits forés pour la submersion des vignes** exécutés par M. ROUSSET.

On sait qu'on emploie la submersion des vignes pour combattre les progrès du phylloxera.

M. Rousset, mécanicien à Nîmes, a foré aux environs de Beaucaire et au nord d'Aigues-Mortes une vingtaine de puits dont la profondeur est de 10 à 20 mètres et qui fournissent plus de 100,000 litres d'eau à la minute lesquels servent à l'arrosement de près de 400 hectares. Les puits ne sont pas jaillissants, l'eau arrive à 1 mètre environ du sol et monte et descend, suivant les variations du niveau du Rhône d'où elle provient, à travers des masses de cailloux et de sables diluviens ou alluviens qui couvrent le sud des départements du Gard et de l'Hérault.

Communication de M. Ed. COLLIGNON sur un **procédé de quadrature graphique**.

Cette méthode a été décrite dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, numéro de janvier 1887.

Note sur l'**emploi du chlorure de sodium** pour le déglaçage des voies publiques en temps de gelée, par M. d'USSEL, ingénieur des ponts et chaussées.

Note sur l'**emploi du sel** pour le déblaiement de la neige, par M. BARABANT, ingénieur en chef des ponts et chaussées.

Cette note ainsi que la précédente ont été publiées dans les *Annales des Ponts et Chaussées*.

Renseignements statistiques sur la production métallurgique, par Sir J. LOWTHIAN BELL.

Sir J. Lowthian Bell, ancien président de l'*Iron and Steel Institute*, a publié récemment un ouvrage très intéressant sur les *Principes de la fabrication du fer et de l'acier*. Notre collègue M. Hallopeau a traduit cet ouvrage en français.

Ce traité comprend deux parties. 1° une partie technique dans laquelle l'auteur a étudié les derniers perfectionnements apportés à l'industrie de la fonte du fer et de l'acier; 2° une statistique de la production du fer dans les différents pays, suivie de notes sur les conditions économiques de la production.

Le *Bulletin de la Société d'encouragement* donne un extrait d'un des chapitres les plus importants parmi ceux relatifs à la production métallurgique et à l'établissement du prix de la main-d'œuvre.

Fabrication nouvelle des métaux alcalins par M. H. X. CASTNER (traduit du *Journal of the Franklin Institute*).

Exportation des viandes de la République Argentine. (Extrait des annales de *la Société rurale Argentine*).

Causes de la **destruction des pierres de construction** (traduit des publications de *l'American Society of Civil Engineers*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

FÉVRIER 1887.

Paroles prononcées sur la tombe de M. LEBIEZ, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. VOISIN-BEY, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Paroles prononcées sur la tombe de M. GOSSELIN, Inspecteur général des Ponts et Chaussées, par M. FARGAUDIE, vice-président du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Des diverses manières de poser **les équations du mouvement varié des eaux courantes**, par M. de SAINT-VENANT. (Extrait).

Note sur le **jaugeage des bateaux et des navires**, par M. THURNINGER, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Les méthodes de jaugeage diffèrent absolument, selon qu'il s'agit de navires de mer ou de bateaux d'intérieur ; certains bâtiments de navigation doivent même posséder les deux jauges.

Pour le navire de mer, la jauge représente le volume disponible pour la cargaison et l'unité est le tonneau de mer qui vaut 2,83 mètres cubes ou 100 pieds cubes anglais. Pour les bateaux d'intérieur, au contraire, la jauge représente, en tonnes de 1,000 kilogrammes, le poids maximum du chargement du navire.

Le jaugeage des bateaux d'intérieur se fait au moyen de règles exposées minutieusement dans les circulaires de l'administration des contributions indirectes en date de 1836 et qui peuvent se résumer par la formule

$$T = (L + n\,E + n'\,E')\,l\,H$$

dans laquelle

T est le volume cherché en mètres cubes, soit la jauge en tonnes.

L la longueur du bateau à la flottaison à charge complète.

E et E' la longueur correspondant à l'élancement de l'avant et à celui de l'arrière, mesurées également dans le plan de flottaison à pleine charge.

n et n' des coefficients qui prennent l'une de quatre valeurs $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{4}$, suivant que la forme de l'extrémité à laquelle ils s'appliquent peut être assimilée à une pyramide, à un prisme triangulaire, à un cylindre de section parabolique ou bien à un cylindre à section demi-elliptique.

l la largeur moyenne du chargement; H la hauteur du plus fort chargement ou différence entre le tirant d'eau à charge complète et le tirant d'ean à vide.

Les bateaux à vapeur sont jaugés d'après les mêmes règles, en ayant soin de comprendre dans le tirant d'eau à vide la machine et l'approvisionnement de combustible que peuvent contenir les soutes.

Avant 1873, on employait pour les bâtiments de mer l ancienne méthode française créée sous Colbert et jaugeant les navires d'après le volume de la cale exprimé en tonneaux de 42 pieds cubes, lequel correspond à 1,44 mètres cubes dans les mesures actuelles, représentant à peu près l'espace occupé dans la cale par quatre barriques bordelaises pesant environ 2,000 livres ou 1,000 kilogrammes.

Cette méthode admettait par suite un rapport constant, pour tous les navires, entre le volume de la cale et le volume de la tranche de déplacement correspondant au poids maximum de chargement. Cette hypothèse était déjà loin d'être exacte pour les navires de l'ancienne flotte marchande ; elle s'éloigne encore plus de la vérité pour les navires modernes.

L'ordonnance de 1681, en posant le principe du jaugeage par le volume intérieur et en définissant l'unité de jauge, ne donnait pas la manière de mesurer ce volume. Elle a été fixée par une loi du 12 nivôse, an II, complétée par des ordonnances de 1837 et 1839.

Cette méthode consiste en somme à prendre la longueur, la largeur et la hauteur sous barrots du navire, et à diviser le produit par un coefficient constant qui est de 3.80.

Pour les navires à vapeur, on l'a modifiée en prenant les 60 centièmes du volume ainsi déterminé.

On conçoit que cette règle, établie par le géomètre Legendre, si elle pouvait donner des résultats suffisamment exacts pour les navires de l'époque à laquelle elle fut établie, n'avait plus qu'une valeur très incertaine pour les nouveaux types de navires en bois et en fer.

En Angleterre, l'ancienne méthode de jaugeage *(old measurement)* était encore plus empirique, car elle admettait que le creux de la cale était toujours égal à la moitié de la largeur du navire. Dès 1836, on s'occupa de la reviser et on la remplaça, en 1874, par une méthode beaucoup plus rationnelle, due à l'amiral Moorsom, dont elle a conservé le nom.

En France cette méthode, avec l'emploi des mesures métriques, a été rendue obligatoire depuis 1873.

Le caractère essentiel du système Moorsom est de tenir compte de la forme des navires, si compliquée qu'elle soit, en évaluant les capacités intérieures par des procédés géométriques ayant quelque analogie avec le calcul des terrassements, l'unité de jauge est le tonneau de 100 pieds cubes anglais ou 2.83 mètres cubes.

Le décret de 1873 fixe trois règles de jaugeage, une pour les navires vides, une seconde pour les navires ayant leur chargement à bord et pour lesquels le mesurage intérieur est impossible et la troisième pour les navires à vapeur.

La première règle consiste dans l'évaluation du volume principal au moyen de sections transversales équidistantes faites par des plans verticaux perpendiculaires à l'axe du navire et dont le nombre varie de 5 à 13 suivant la longueur du bâtiment. On ajoute à ce volume principal, mesuré en dessous de ce qu'on appelle *le pont de tonnage*, les volumes accessoires des entreponts, spardecks, dunettes, roofs, etc.

Pour les navires chargés sur lesquels on ne peut procéder de même, on mesure la longueur L du navire, la largeur l et le contour c pris à l'aide d'une chaîne gourmette à l'extérieur au-dessous du pont ; le volume s'exprime par la relation

$$V = 0{,}17\ L \left(\frac{l + c}{2}\right)^2$$

pour les navires en bois ; pour les navires en fer, le coefficient est de 0,18.

Cette règle admet donc un rapport constant de 0,55 ou 0,56, suivant qu'il s'agit de navires en bois ou en fer, entre le volume intérieur de la coque et celui d'un cylindre de longueur L dont la base serait un cercle ayant pour circonférence $l + c$. Elle conduit à des résultats de 10 0/0 au moins plus élevés que la méthode exacte.

Le tonnage net des bateaux à vapeur s'obtient en retranchant du tonnage brut les emplacements occupés par les appareils moteurs et leurs approvisionnements, sans que cette déduction puisse dépasser 50 0/0 ; les emplacements ci-dessus étant d'ailleurs cubés par des procédés semblables à ceux indiqués dans la première règle.

La méthode de Moorsom est à peu près adoptée actuellement par toutes les nations maritimes, mais il y a malheureusement encore entre les différents pays des divergences notables, soit sur la spécification des espaces à comprendre dans le tonnage brut, soit sur les déductions à faire subir à celui-ci pour obtenir le tonnage net. La Compagnie de Suez applique également une règle spéciale qui sert de base à la perception des droits de navigation par le canal.

Il est à désirer que toutes les nations maritimes arrivent à se mettre d'accord sur l'emploi d'une règle d'application unique.

Il semblerait au premier abord rationnel de prendre le déplacement du navire comme jauge, car le volume immergé, c'est-à-dire le déplacement, est, sous beaucoup de rapports, la mesure des services rendus au navire par les ports, canaux, etc., services que les taxes et droits ont pour but de rémunérer. Mais il ne faut pas perdre de vue, d'autre part, que la jauge doit avoir pour objet de fournir une mesure de la puissance de chargement du navire.

Si P est le tonnage au déplacement, et V le tonnage au volume, il est facile de reconnaître que les facultés de chargement du navire ne seront complètement utilisées qu'avec une cargaison de marchandises pesant $\frac{P}{V}$ tonnes au tonneau d'encombrement. Pour un fret pesant moins de $\frac{P}{V}$ au tonneau, la capacité intérieure sera complètement utilisée, mais non la puissance de chargement au poids, et le contraire aura lieu si la marchandise pèse plus de $\frac{P}{V}$ au tonneau.

Or, le rapport $\frac{P}{V}$ varie essentiellement avec la forme du navire, et la proportion des cargaisons, y compris les passagers, qui exigent du volume intérieur plutôt que du déplacement, est de beaucoup la plus considérable. C'est pourquoi le système de jaugeage au volume est resté employé partout, malgré les avantages qu'offrirait, sous certains rapports, la jauge au déplacement.

Note sur la **Marche en eau courante des bateaux non halés**, par M. O Fepoux, ancien conducteur des Ponts et Chaussées.

Cette note est relative à la question, déjà traitée dans les *Annales*, de la vitesse supérieure à celle de l'eau qui les porte que prennent les grands corps flottants en eau courante.

L'auteur pense que la force accélératrice sur les corps flottants peut s'expliquer par le relèvement des filets inférieurs d'un cours d'eau en présence des obstacles ou des irrégularités du fond du lit, lesquels filets exercent sur le fond du bateau une action de soulèvement qui se traduit par une poussée dans le sens de la descente.

Véritable date de l'**Inauguration des chemins de fer en France**, note lue à l'Académie des Sciences morales et politiques, par M. L. Aucoc, membre de l'Institut, professeur à l'École des Ponts et Chaussées.

Note sur la **Construction d'un appontement**, sur la plage de Chiavari, par M. Saenz. conducteur principal faisant fonction d'ingénieur ordinaire à Ajaccio.

Cet appontement est fondé sur des pieux creux enfoncés au moyen de l'injection, à l'intérieur, d'eau envoyée par une pompe à incendie. Avec du sable fin, on pouvait donner à un pieu une fiche de trois mètres en moins d'une heure. On remplit ensuite les pieux de bon sable bien tassé. Ces pieux ont $0^{m},180$ de diamètre extérieur.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

JANVIER-FÉVRIER-MARS 1887.

Rapport annuel présenté par M. W. Grosseteste, secrétaire général.

Nous croyons intéressant de relever que la Société comptait au 31 décembre 1886, 618 membres dont 556 ordinaires, 54 membres correspondants et 8 honoraires.

Les recettes de 1886 se sont élevées à 146,782 francs dont 67,088 francs provenant du solde en caisse au 31 décembre 1885, 30,100 francs de cotisations et 28,761 pour les intérêts des titres représentant diverses fondations ; ce sont les éléments principaux.

Les dépenses ont atteint le total de 129,486 francs dont 37,620 francs pour la Société industrielle (sur lesquels seulement 7,151 francs pour les bulletins et publications), 13,208 francs pour l'école de dessin, 16,053 francs pour l'école d'art professionnel pour jeunes filles et 46,203 francs employés en achats de titres.

Il restait donc un solde à nouveau de 17,295 francs.

Ces chiffres permettent d'apprécier la prospérité toujours croissante de la Société industrielle.

Étude sur la constitution des **Dérivés diazomidés**, par MM. E. Noelting et F. Binder.

Note sur **Quelques méta-diamines** substituées, par MM. E. Noelting et Th. Stricker.

Rapport sur le **Contrôle du lait** exercé par le laboratoire d'analyse pendant le premier semestre de son exercice, présenté par M. R. Bourcart.

Le contrôle du lait se divise à Mulhouse en deux parties. Il y a d'abord l'examen du lait par un agent de police muni d'un lacto-densimètre Quevenne-Muller; cet examen est basé sur ce fait, que tous les laits dont la densité est inférieure à 1,029 ont grande chance de se trouver additionnés d'eau ; il n'y en pas un sur cent qui échappe à cette règle. De même tous les laits dont la densité est supérieure à 1.0325 ont grande chance d'avoir été écrémés.

Il y a des cas où le lacto-densimètre est impuissant à révéler les falsifications : c'est lorsqu'il y a eu à la fois écrémage et addition d'eau. Le poids spécifique est alors le même que celui du lait normal. On peut encore découvrir la fraude avec le lactoscope de Feser, qui donne la mesure de la quantité de matière grasse du lait en se basant sur la transparence de ce liquide.

Si un lait a été trouvé suspect de falsification par l'agent de police chargé de la revision, celui-ci en prend immédiatement un échantillon de 350 grammes environ qui est expédié au laboratoire où l'analyse en est faite.

L'analyse se compose de trois opérations; la détermination de la matière grasse, celle du résidu de dessiccation à 100 degrès centigrades et celle de la cendre.

La première détermination se fait par la méthode du professeur Soxhlet, en dissolvant la matière grasse par de l'éther dont la densité, prise très exactement par un appareil spécial, donne la teneur en matière grasse du lait, au moyen de tables dressées à cet effet par Soxhlet.

Les analyses faites au laboratoire ayant établi la composition normale du lait, on a établi les règles suivantes :

1° Tout lait avec moins de 2 1/2 0/0 de matière grasse ou 11 1/2 0/0 de substance sèche sera considéré comme additionné d'eau; ce sera à l'accusé à établir la preuve du contraire.

2e Tout lait avec plus de 2 1/2 0/0 de matière grasse et 11 1/2 0/0 de substance sèche, mais avec moins de 3 0/0 de matière grasse et 12 0/0 de substance sèche, sera considéré comme suspect d'addition d'eau, mais ce sera au tribunal à prouver la falsification.

Enfin tout lait avec plus de 3 0/0 de matière grasse et 12 0/0 de substance sèche sera considéré comme non falsifié.

Lorsqu'il n'y a pas certitude d'addition d'eau ou d'écrémage, le laboratoire demande la contre-épreuve qui est de deux espèces.

La contre-épreuve simple qui consiste en la prise d'un échantillon du lait livré par le même laitier et l'épreuve d'étable, dans laquelle la prise de l'échantillon est faite à l'étable même, en présence du maire.

Ce contrôle a sensiblement amélioré la qualité du lait vendu à Mulhouse.

Note sur la **Dynamomètre continu pour filés**, de M. Holzach, par M. R. Bourcart.

Ce dynamomètre construit par MM. Wenner et Gutman, de Zurich, se compose de deux paires de cylindres. Celle d'entrée a une vitesse qui peut être variée, tandis que la seconde paire a une vitesse constante. C'est en somme un étirage de filature variable à volonté. Un dynamomètre à ressort mesure constamment la tension produite dans le fil par l'étirage.

Rapport de M. Wild, directeur de l'école de filature et de tissage mécanique de Mulhouse, sur l'**Expérimentateur continu des fils** construit par MM. Wenner et Guttmann, de Zurich.

Il s'agit du même appareil que ci-dessus.

La conclusion du rapport est que, si l'appareil ne paraît pas devoir être adopté couramment dans les bureaux de réception, vu le temps que demande sa mise en marche et l'attention qu'il exige, il peut néanmoins rendre d'utiles services aux chefs ou directeurs d'établissement pour des appréciations particulières et surtout comparatives.

Note sur un **Thermomètre métallique** donnant à l'extérieur la température moyenne d'une chambre de chauffe, par M. H. Grosheintz.

Cet appareil a pour but de donner à l'extérieur la température d'une enceinte chauffée telle qu'une étuve. Il est fondé sur la dilatation d'un fil de laiton tendu dans la capacité dont il s'agit de connaître la température ; ce fil agit à une de ces extrémités (l'autre étant fixe) sur un levier coudé dont un des bras forme aiguille et donne des indications sur un cadran.

On le gradue par comparaison avec un thermomètre à mercure ; cet instrument est doué d'une très grande sensibilité.

Préparation d'une **Nouvelle matière colorante** jaune, par M. le Dr J. Walter.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *2 Avril 1887.*

Travail des métaux par l'électricité, par le Dr R. Ruhlmann.

Machines à vapeur. — Addition d'air comprimé à la vapeur dans les machines sans condensation. — Régulation des machines par une soupape à gorge.

Reconstruction de la locomotive de Stephenson la *Rocket.*

Jurisprudence. — Effet de la déchéance d'une patente d'invention sur les licences.

Groupe de Hanovre. — Coût du transport sur canaux et sur chemins de fer.

Groupe du Rhin inférieur. — Défauts des dispositions actuelles des gares à voyageurs.

Association des Chemins de fer. — Accumulations de neige sur les voies ferrées.

Patentes.

Bibliographie. — Les intégraphes, la courbe intégrale et ses applications, par Abdank Abakanowicz.

Correspondance. — Réservoirs d'air des pompes.

N° 15. — *9 Avril 1887.*

Motion du groupe de Bergues relativement à une enquête sur la question des explosions de chaudières.

Profil normal allemand des cylindres pour le laminage des barrots de navires.

Installations pour le fonçage du puits *Zufallig Gluck*, à Herdorf.

Résistance des matériaux. — Expériences sur la résistance du fer coulé.

Égalisateur de température pour chaudières marines.

Groupe de Berlin. — Pose des conducteurs pour éclairage électrique.

Groupe de la Ruhr. — Machines à refroidir l'air. — Grand abattoir à porcs de Koopmann, à Hambourg.

Groupe de Wurtemberg. — Explosion d'une chaudière de locomotive. — Eclairage électrique des trains de chemins de fer.

Patentes.

N° 16. — *16 Avril 1887.*

Appareil Matthies pour la remise à l'heure journalière et automatique des horloges des gares de chemins de fer, par le moyen de signaux télégraphiques, par C. Fink.

Électricité. — Expériences de M. Deprez sur le transport électrique de l'énergie mécanique.

Résistance des matériaux. — Nouvelles expériences sur l'influence de la chaleur sur les propriétés résistantes du fer et de l'acier.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Fabrication des ressorts à boudin. — Appareil pour le séchage de la vapeur.

Groupe de Hambourg. — Traction par l'électricité sur les tramways. — Indicateur Crosby.

Patentes.

Bibliographie. — Préparation mécanique des minerais, de C. Linkenbach.

Variétés. — Patentes d'invention pour procédés de préparation des produits chimiques.

N° 17. — *23 Avril 1887.*

Calcul des boulons de fixation des plaques de fondation, par Ed. Autenrieth.

Machine compound pour l'éclairage électrique du passage de l'Empereur à Berlin, construite par Ph. Swiderski, à Leipzig.

Coefficients de résistance des machines à vapeur sans condensation.

Construction navale. — Le torpilleur russe *Wiborg.*

Industries textiles. — Brodeuse avec disposition Jacquard.

Cherche-fuites Schmidt pour les conduites de gaz des rues.

Groupe de Berlin. — Installation des chaudières à vapeur de l'hôtel de ville de Vienne.

Groupe de Francfort. — Machine compound à régulateur automatique pour éclairage électrique. — Table sans bruit pour machine à coudre.

Groupe de Siegen. — Procédé Clapp-Griffith en Amérique.

Association des Chemins de fer. — Couverture de magasins en papier parcheminé.

Patentes.

N° 18. — 30 *avril* 1887.

Conditions d'établissement des locomotives mixtes à crémaillère et à adhérence du système Abt, par Alb. Frank.

Nouveaux paquebots de la Compagnie générale transatlantique, pour le service entre le Havre et New-York.

Installations de prises de vapeur contre les incendies.

Groupe du Rhin inférieur. — Epuration des eaux ménagères et industrielles. — Grue à pont roulant sans chaine. — Embarquement des charbons.

Groupe de Breslau. — Nécessité de la création d'école techniques moyennes.

Patentes.

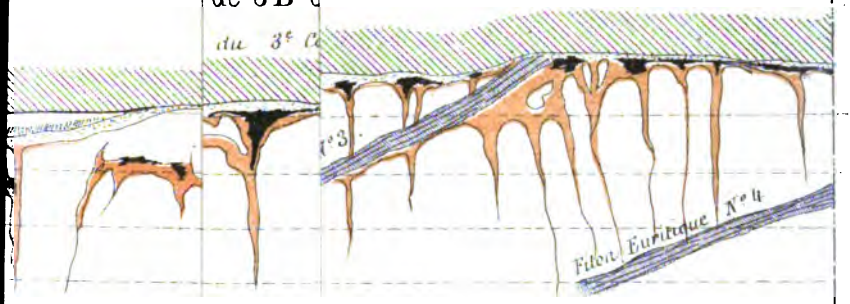
Correspondance. — Moteurs à gaz.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

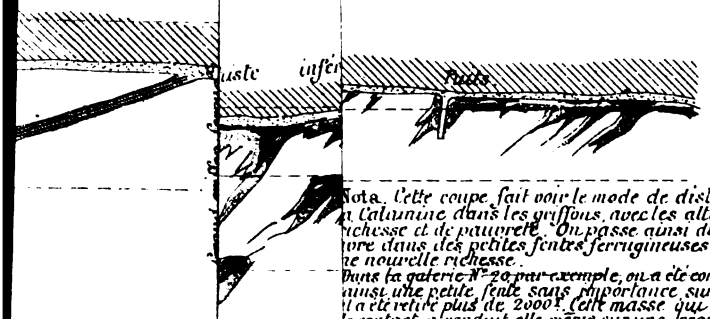
PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20.— 10330-7.

oupe N
de JB e



Suite).

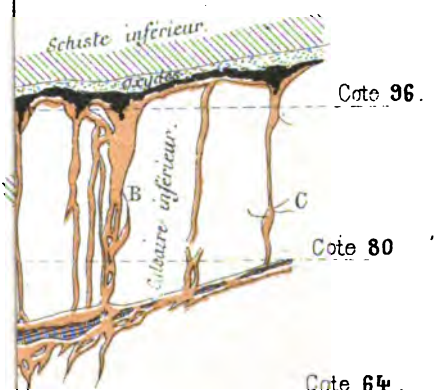
Grande coupe N° 1 en



core peu connue

Spe N° 7

n croiseur.



Expl

0,0005 p. 1m00

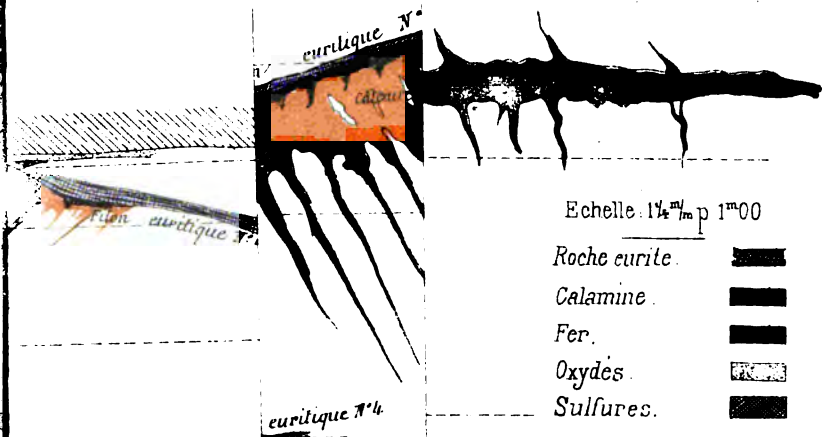
Echelle 1¼ m/m pour 1m00

3155
Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 43, r. de Dunkerque.

oupe N° 11.

1¼ m/m p. 1m00

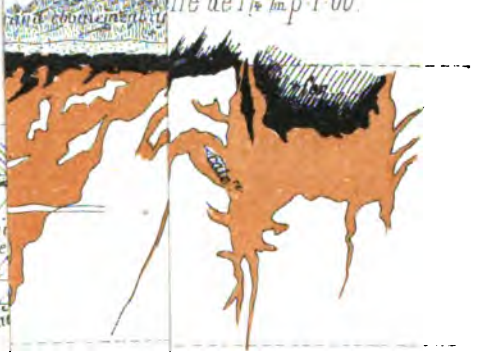
12



curitique N°4

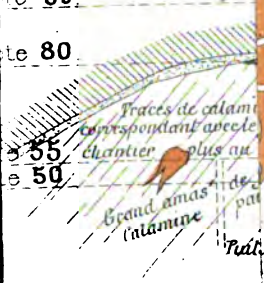
upe N° 16

Ec lle de 1¼ m/m p. 1m00



te 96

te 80



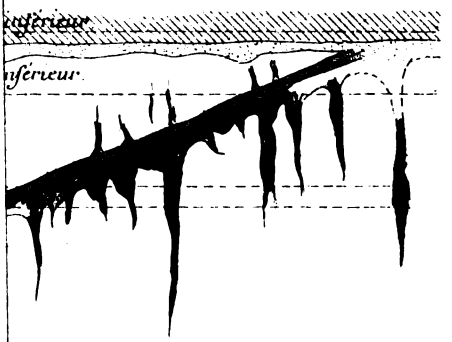
55

50

ons.

à la direction des griffons

14, en direction des



rite N°3

la mer

3156.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

MAI 1887.

N° 5

Sommaire des séances du mois de mai :

1° *Legs Giffard* (Séance du 6 mai, page 664);

2° *Visite des travaux de fondation de la Tour de 300 mètres au Champ de Mars* par M. Eiffel (Séance du 6 mai, page 664);

3° *État d'avancement des travaux du Champ de Mars*, par M. Contamin (Séance du 6 mai, page 670);

4° *Chemin de fer Métropolitain de Paris.* Discussion du rapport de M. Pradon, par MM. Boudenoot, Cerbelaud, Hauet et de Nordling (Séance des 6 et 20 mai, pages 671 et 696);

5° *Visite aux nouvelles installations des gares des Batignolles et de la rue de Berne* (Séance du 20 mai, page 695);

6° *Fondation à l'air comprimé d'un pont sur le Niemen (ligne de Vilna à Rovno).* Note traduite du russe par M. Przewoski (Séance du 20 mai, page 695).

Pendant le mois de mai la Société a reçu :

De M. Poultel, éditeur, un exemplaire du *Barème de la résistance et des moments d'inertie des métaux*, par M. S. Barbier;

De M. E.-P. Bérard, un exemplaire de sa *Notice biographique sur M. Félix Leblanc;*

De la Commission organisatrice du Congrès de Vienne, deux exemplaires de son *Programme du VI^e^ Congrès international d'hygiène et de démographie à Vienne, du 26 septembre au 2 octobre 1887;*

De M. de Rautlin de la Roy, un exemplaire de sa brochure sur le *Port de la Rochelle (Situation du bassin de la Palice);*

De M. Henri Couriot, membre de la Société, trois exemplaires de sa brochure sur *la Mobilisation et les Houillères;*

Du Ministère des Travaux Publics, un exemplaire de *la Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1885, avec un appendice concernant la Statistique minérale internationale;*

De M. Eiffel, membre de la Société, des *Vues photographiques des travaux de fondation faits au commencement de la visite faite au Champ de Mars le 23 avril, et des exemplaires de chromos;*

De M. Noblet, un exemplaire de son *Rapport sur les projets de loi déposés à la Chambre relativement à la question ouvrière;*

De la Compagnie des Chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, un exemplaire de son *Annuaire du personnel de la construction, pour l'année 1887;*

De MM. E. Pontzen et J. Fleury, membres de la Société, un exemplaire de leur *Mémoire sur les voies navigables et chemins de fer* (Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils en 1887);

De M. L. de Sancy, deux exemplaires de sa brochure intitulée : *la Redevance proportionnelle sur les Mines, législation et jurisprudence;*

De M. J. d'Allest, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Opérations de sauvetage du navire « le Taurus »*, de la nouvelle Compagnie marseillaise de Navigation à vapeur Frayssinet et C^ie^;

De M. Colladon, membre de la Société : 1° un exemplaire de sa brochure intitulée : *les Tourbillons ascendants dans l'air et dans les liquides* (Extrait des comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t, CIV; séance du 18 avril 1887); 2° deux exemplaires de sa brochure intitulée : *les Origines du flux électrique des nuages orageux* (Extrait des comptes rendus des séances de l'Académie des sciences, t. CII; séances des 12 et 19 avril 1886);

De MM. Moreau frères, quatre photographies du *Pavillon de la Bibliothèque Schœlcher;*

de M. Emile Wiih, ingénieur, un exemplaire de son ouvrage intitulé : *le Mécanicien de chemin de fer*, par MM. Brosius et Koch, ingénieurs en chef des chemins de fer.

Les Membres nouvellement admis sont :

MM.	COMBES,	présenté par MM.	Berton, Mathieu H. et Moreau.
	GÉRARD,	—	de Comberousse, Dwelshauvers et Périssé.
	GOLDSMITH,	—	Mayer, Morandière J. et Whaley.
	GUÉRIN,	—	Bellet, Contamin et Forest.
	HELAUT,	—	Arnoldi, Doux et Kowalski.
	PETITJEAN,	—	Chevalier, Garnier J. et Javal.
	SARTIAUX,	—	Contamin, Cossmann et Mathias Félix.
	SCHŒLLER,	—	Cossmann, Mathias Félix et Thouin.
	THIBAULT,	—	Bocquin, Desgrange et Marsillon Léon.
	TOURNADRE,	—	Berton, Mathieu H. et Moreau.

Comme membres associés :

MM.	CAMBIER,	présenté par MM.	Carimentrand Lévy et Mallet.
	RENAULT,	—	Aygaleng. Demolon et Olivier A.
	TURBOT,	—	Brüll, Hersent et Reynard.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1887

Séance du 6 Mai 1887

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 15 avril est adopté.

M. LE PRÉSIDENT croit devoir rappeler qu'il y a un concours ouvert pour l'*analyse de l'œuvre d'Henry Giffard*. Ce concours sera clos le 31 décembre prochain, et les mémoires manuscrits et revêtus de la signature des auteurs, devront être remis sous pli cacheté au secrétariat au plus tard le 31 décembre 1887.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que M. Alphand et notre collègue, M. Eiffel, avaient bien voulu inviter les membres de la Société à venir au Champ de Mars visiter les travaux de fondation de la tour de 300 mètres. Cette visite a eu lieu. M. Eiffel, avec ses collaborateurs MM. Nouguier et Gobert, nous ont donné des explications sur ces travaux. M. Alphand n'ayant pu se rendre à cette visite, a bien voulu s'excuser et s'est fait représenter par M. Contamin; trois cents membres environ de la Société ont pu suivre avec intérêt les détails fournis par ces messieurs.

M. Eiffel a la parole pour reproduire les explications qu'il a eu l'obligeance de nous donner sur les travaux.

La Société a bien voulu honorer de sa visite, le 22 avril, nos chantiers de la TOUR DE L'EXPOSITION.

Notre Président a pensé que je pourrais intéresser ceux de ses membres qui n'ont pas assisté à cette visite, en résumant, en séance,

les explications verbales que j'ai données au sujet de l'avancement de nos travaux ; c'est ce que je vais faire brièvement.

Étude du sous-sol. — Il résulte des nombreux sondages effectués dans le Champ de Mars, que l'assise inférieure de ce sous-sol est formée par une puissante couche d'argile plastique de 16 mètres environ d'épaisseur, reposant sur la craie ; cette argile est sèche, assez compacte, et peut supporter des charges de 3 à 4 kilogr. par centimètre carré.

La couche d'argile est légèrement inclinée depuis l'École Militaire jusqu'à la Seine et est surmontée d'un banc de sable et gravier compact, éminemment propre à recevoir des fondations. Jusqu'aux environs de la balustrade qui séparait le Champ de Mars proprement dit, appartenant à l'État, du square appartenant à la Ville, c'est-à-dire à peu près à la hauteur de la rue de l'Université, cette couche de sable et gravier a une hauteur à peu près constante de 6 à 7 mètres. Au delà on entre dans l'ancien lit de la Seine, et l'action des eaux a réduit l'épaisseur de cette couche, qui va toujours en diminuant, pour devenir à peu près nulle quand on arrive au lit actuel.

La couche solide de sable et gravier est surmontée elle-même d'une épaisseur variable de sable fin, de sable vaseux et de remblais de toute nature, impropres à recevoir des fondations.

Certaines considérations administratives ayant dû faire renoncer à implanter la Tour dans la partie du Champ de Mars appartenant à l'État, où les fondations ne présentaient aucune difficulté, on songea ensuite à la placer sur le quai de la Seine, afin qu'elle fût le plus loin possible des bâtiments de l'Exposition ; mais la connaissance du sous-sol démontra que l'on aboutissait à une impossibilité, parce que l'on ne pouvait songer à fonder directement sur l'argile une construction aussi considérable.

On se décida donc, sur mes instances, à la reporter à l'extrême limite du square, où elle se construit actuellement. Les fondations de chacun de ses pieds sont ainsi séparées de l'argile par une épaisseur suffisante de gravier.

Mode de fondation. — Les deux piles d'arrière qui portent les nos 2 et 3 sont placées à cheval sur les limites de l'ancienne balustrade ; le sol naturel est en ce point à la cote + 34 ; les remblais de toute nature ont une épaisseur de 7 mètres, et on rencontre à la cote + 27, qui est le niveau normal de la Seine (retenue du barrage de Suresnes), la couche de sable et gravier, dont l'épaisseur en ce point est de 6 mètres environ. On a donc pu, très facilement, obtenir pour ces deux piles une fondation parfaite, dont le massif inférieur est constitué par une couche de 2 mètres de béton de ciment coulé à l'air libre.

Les deux piles d'avant, qui portent les numéros 1 et 4, ont été fon-

dées différemment. La couche de sable et gravier ne se rencontre qu'à la cote + 22, c'est-à-dire à 5 mètres sous l'eau, et pour y arriver, on traverse des terrains vaseux et marneux provenant des alluvions récentes de la Seine. Pour la reconnaître d'une façon précise et exempte des incertitudes que présentent les sondages faits par les procédés ordinaires, nous avons fait au centre de chacune des piles un sondage à l'air comprimé, à l'aide d'une cloche en tôle de $1^{m},50$ de diamètre surmontée de hausses. Nous ne saurions trop recommander ce procédé, qui n'est en somme que peu coûteux quand on dispose d'un matériel à air comprimé, et qui donne des résultats absolument certains sur la consistance et la composition réelle des terrains. Nous avons ainsi constaté que jusqu'à l'argile, on ne rencontrait au-dessous du sable et gravier que du sable pur, du grès ferrugineux et un banc de calcaire chlorité, qui s'est formé au fond de la dépression qui avait été creusée par les eaux dans la couche d'argile plastique. On a donc ainsi une couche incompressible qui a une épaisseur de plus de 3 mètres à la pile 4 (côté Grenelle) et près de 6 mètres à la pile 1 (côté Paris). On peut donc avoir toute sécurité, d'autant plus que les fondations sont calculées de telle sorte que la pression maxima sur le sol de fondation, même en y comprenant l'effet du vent, ne dépasse pas 4 kilogr. par centimètre carré.

Les fondations de ces deux piles sont établies à l'air comprimé à l'aide de caissons en tôle de 15 mètres de longueur sur 6 mètres de largeur, au nombre de 4 pour chaque pile et enfoncés à la cote + 22, soit à 5 mètres sous l'eau. On peut se demander si l'on n'aurait pas pu employer un mode différent et procéder par dragage dans une enceinte avec béton immergé; mais d'une part, malgré tous les sondages antérieurs, nous n'étions pas, dans cette partie si tourmentée du sol du Champ de Mars, suffisamment sûrs du terrain pour tous les points de la surface englobée par les pieds. Il fallait donc, dans ces circonstances, adopter une solution répondant à toutes les éventualités. D'autre part, l'emploi de l'air comprimé présente une telle sûreté, soit comme travail, soit comme certitude du résultat obtenu, qu'en raison de l'immense intérêt que nous avions à marcher aussi rapidement que possible en nous débarrassant de suite de tout aléa et à établir des fondations ne donnant absolument aucune crainte pour l'avenir, nous n'avons pas hésité à employer le procédé coûteux, mais sûr et rapide, de l'air comprimé. Nous avons d'autant plus à nous en féliciter qu'en ce moment même nous rencontrons dans nos caissons de la pile n° 1 des restes considérables de maçonnerie datant probablement d'une époque déjà ancienne et qui auraient été un obstacle très sérieux à la prompte exécution de nos fondations, si nous n'avions pas eu à notre disposition les ressources de l'air comprimé.

Nous brisons ces massifs au burin et nous les extrayons par les sas comme des déblais ordinaires.

MASSIFS DE FONDATION ET MURS DE POURTOUR. — Chacun des quatre montants de la tour est formé, comme on le sait, par une grande ossature de section carrée de 15 mètres de côté dont les arêtes transmettent les pressions au sol de fondation par l'intermédiaire de massifs de maçonnerie placés sous chacune d'elles. Il y a donc quatre massifs de fondation par pied. La partie supérieure de ces massifs, qui reçoit les sabots d'appui, est normale à la direction des arêtes, et le massif lui-même a la forme d'une pyramide à face verticale sur l'avant, et à face inclinée sur l'arrière, dont les dimensions sont telles qu'elles ramèneront dans un point très voisin du centre de la fondation la résultante oblique des pressions.

Cette réaction oblique des pressions s'élève, à son entrée dans la maçonnerie, à la cote (36.00), à 565 tonnes sans le vent, et à 875 tonnes avec le vent. Sur le sol de fondation des deux piles voisines de la Seine, qui est à la cote (22.00), c'est-à-dire à une profondeur de 14 mètres, la pression verticale sur le sol est de 3,320 tonnes avec le vent, qui réparties sur une surface de 90 mètres carrés donnent une charge de 3 kilogr. 7 par centimètre carré.

Sur les deux piles voisines du Champ de Mars la pression sur le sol, à la cote de 27 mètres, c'est-à-dire à une profondeur de 9 mètres, est de 1,970 tonnes qui, réparties sur une surface de 60 mètres carrés, donnent une pression de 3 kil. 3 par centimètre carré.

Les massifs de béton réalisant cette surface ont 10 mètres de longueur sur 6 mètres de largeur.

Tous les massifs sont disposés suivant la projection horizontale des arêtes, c'est-à-dire à 45° par rapport à l'axe du Champ de Mars.

Les bétons sont faits en ciment de Boulogne, avec un dosage de 250 kilogr. par mètre cube de sable.

Les massifs sont en pierre de Souppes, hourdée en mortier de ciment au même dosage.

L'emploi du ciment a été nécessité par le désir d'obtenir une prise très rapide et d'éviter tout tassement.

Au centre de chacun de ces massifs, sont noyés deux grands boulons d'ancrage de $7^{m},80$ de longueur et de $0^{m},10$ de diamètre, qui, par l'intermédiaire de sabots en fonte et de fers à I, intéressent la majeure partie des maçonneries des pyramides.

Cet ancrage, qui n'est pas nécessaire pour la stabilité de la Tour, laquelle est assurée par son poids propre, donne cependant un excès de sécurité contre tout renversement, et sera de plus utilisé lors du montage en porte-à-faux des montants.

Ces maçonneries, qui travaillent au plus à un coefficient de 4 à 5 kilogr. par cent. carré, seront couronnées par deux assises de pierre de taille de Château-Landon dont la résistance à l'écrasement est, d'après les expériences que nous avons demandées à l'École des Ponts et Chaussées et au Conservatoire des Arts et Métiers, de 1,235 kilogr. en

moyenne par centimètre carré. La pression, sous les sabots en fonte, ne sera que de 30 kilogr. par centimètre carré. La pierre ne travaille donc qu'au quarantième de sa résistance.

Il résulte de tous les chiffres et indications qui précèdent que ces fondations sont établies dans des conditions de sécurité très grandes, et que, soit comme choix de matériaux, soit comme dimensions, elles ont été traitées très largement, de manière à ne laisser aucun doute sur leur solidité.

Cependant, pour rester complètement sûrs que nous pourrons maintenir les pieds de la Tour, quoi qu'il arrive, sur un plan parfaitement horizontal, nous avons ménagé dans chacun des sabots un logement pour y installer une presse hydraulique de 800 tonnes ; à l'aide de ces presses on pourrait produire le déplacement de chacune des arêtes et la relever de la quantité nécessaire, sauf à intercaler des coins en acier entre la partie supérieure du sabot et la partie inférieure d'un contre-sabot en acier fondu sur lequel vient s'assembler le montant en fer.

Ces presses opéreront donc, si cela devient nécessaire à un moment quelconque, et à la façon de vis de réglage, le nivellement rigoureux de tous les points d'appui.

En dehors des massifs, nous avons projeté un socle en maçonnerie qui ne portera aucune charge, mais qui est destiné à recevoir les amortissements des moulures en métal qui doivent garnir le pied des montants.

Ces murs sont fondés sur des piliers avec arcades, disposés suivant des faces parallèles ou perpendiculaires à l'axe du Champ de Mars, et forment autour de chaque pied un carré de 26 mètres de côté.

Toute cette infrastructure sera noyée dans un remblai arrasé au niveau du sol, sauf pour la pile n° 3, où elle reste à l'état de cave destinée au logement des machines et de leurs générateurs pour le service des ascenseurs ; ces machines sont prévues pour une force de 500 chevaux.

L'écoulement de l'électricité atmosphérique dans le sol se fera pour chaque pile par deux tuyaux de conduite en fonte de $0^{m},50$ de diamètre, immergés, au-dessous du niveau de la nappe aquifère, sur une longueur de 18 mètres. Ces tuyaux se retournent verticalement à leur extrémité jusqu'au niveau du sol où ils seront mis en communication directe avec la partie métallique de la Tour.

État des Travaux. — On a commencé les déblais par une fouille générale de 35^{m} sur 35^{m} pour chacune des piles.

Ces fouilles ont été descendues à la cote (+ 29) pour les piles 2 et 3, soit à 6^{m} au-dessous du sol, et à la cote (+ 28) pour les piles 1 et 4, soit à 7^{m} au-dessous du sol.

Environ $12{,}000^{m3}$ de ces déblais ont été transportés aux décharges publiques, le reste est disposé sur le sol du square et sera rapporté en

remblai dans le vide des fouilles après l'achèvement des maçonneries.

Le premier coup de pioche a été donné le 28 janvier dernier.

Depuis, nous avons terminé les maçonneries des piles 2 et 3 fondées à l'air libre. Il ne reste que quelques parachèvements qui ne seront possibles qu'après le remblayage qui est actuellement en cours d'exécution.

Les piles 1 et 4 fondées à l'air comprimé sont en ce moment au degré d'avancement suivant :

A la pile 4, trois des caissons ont été descendus à la cote (+ 22) et les massifs de fondation qu'ils supportent vont être terminés ; le 4e caisson est encore en fonçage. Dans 8 jours cette pile sera terminée.

A la pile n° 1, deux des caissons sont en fonçage et les deux autres ont déjà été descendus à l'air libre à 0m,50 au-dessous de l'eau.

Dans quinze à vingt jours environ, tous les fonçages seront terminés et la construction des massifs supérieurs de maçonnerie sera déjà commencée.

Dans notre programme, nous comptons que l'ensemble de toutes les fondations et la remise en état du terrain seront achevés le 30 juin prochain, de manière à nous permettre de commencer à cette époque le montage des parties métalliques.

Je continuerai à tenir la Société au courant de ces travaux, puisqu'elle a bien voulu manifester l'intérêt qu'elle y porte, et, à cette occasion, qu'il me soit permis de la remercier de l'empressement qu'elle a mis à se rendre à notre invitation.

J'y trouve le gage d'un appui moral sur lequel j'ai besoin de compter pour le succès de l'œuvre difficile que j'ai entreprise.

Et je puis l'assurer de mon côté, que je ferai tous mes efforts pour répondre à la sympathie qui m'est témoignée par mes collègues. *(Applaudissements.)*

M. Regnard demande si M. Eiffel peut donner quelques indications sur l'époque à laquelle la Tour sera terminée.

M. Eiffel répond que d'après son programme les fondations seront terminées au 30 juin prochain, et qu'à cette date le commencement du montage de la partie métallique aura lieu ; l'achèvement du montage de la partie métallique jusqu'au premier étage, c'est-à-dire à la hauteur de 60 mètres, sera terminé à la fin de l'année. Si ce programme se réalise comme il l'espère, l'ouvrage sera terminé dans les derniers mois de l'année prochaine. Le poids à monter est d'environ 7,000 tonnes, il y aura 3,000 tonnes montées jusqu'au premier étage ; il restera 4,000 tonnes à monter pour l'année prochaine.

M. le Président remercie M. Eiffel de l'accueil qu'il a réservé à la Société dans ses importants chantiers et de la description qu'il vient de présenter ; chacun a pu remarquer avec quelle habileté M. Eiffel a su assurer la fondation, sur un terrain difficile, d'un ouvrage aussi

remarquable par sa grande masse que par l'énorme surface qu'il expose au vent. Il ne reste dans nos esprits aucun doute sur la réussite de cette grande œuvre.

Quand l'ouvrage sera arrivé au premier étage, la Société aimera sans doute à le visiter encore une fois.

M. Eiffel déclare qu'il sera très heureux de se tenir à la disposition de la Société.

M. Contamin dit qu'il résulte des explications qui viennent d'être données par notre collègue que l'œuvre grandiose et remarquable qu'il a entreprise sera terminée au moment où notre chère Patrie s'apprêtera à fêter le glorieux anniversaire de 1789.

Il désire ajouter, à ce qui vient d'être exposé, quelques renseignements sur l'état d'avancement des autres travaux à exécuter dans le Champ de Mars.

Ces travaux forment trois groupes : celui des industries diverses, celui des beaux-arts et arts libéraux, et celui de la galerie des machines.

Les fondations des deux premiers groupes peuvent être considérées comme terminées ; on prépare la mise en adjudication de celles de la galerie des machines. Les coupes de terrain communiquées par M. Eiffel montrent l'existence, dans les parties occupées par ces deux premiers groupes, d'une couche de sable et gravier de plus de six mètres d'épaisseur au-dessus de l'argile plastique ; les fondations des constructions destinées à abriter les industries diverses, les beaux-arts et arts libéraux n'ont donc présenté aucune difficulté comme exécution.

Il n'en sera pas tout à fait de même pour celles destinées à supporter la galerie des machines ; on a été conduit, en effet, pour des raisons qu'il est inutile de rechercher, à enlever après l'Exposition de 1878 une grande partie du gravier de la portion du Champ de Mars avoisinant l'École Militaire et l'on se trouve ne rencontrer, pour la plupart des fondations de la partie de la galerie qui avoisine cette région, que des remblais de toute nature recouvrant presque directement l'argile plastique. Comme les massifs ou culées supportant les extrémités des arcs de cette galerie subissent des poussées dont les composantes verticales peuvent atteindre près de 280,000 kilogrammes et les composantes horizontales 120,000, l'établissement de ces massifs sur ces terrains n'est pas sans présenter certaines difficultés ; on les supportera au moyen de pieux traversant la partie supérieure de l'argile plastique et venant s'appuyer sur une couche de sable quartzeux à 7 mètres environ de la surface de l'argile.

Le squelette de tous les bâtiments élevés dans le Champ de Mars est et ne pouvait être qu'en métal ; toutes les études des charpentes et piliers composant cette immense ossature sont non seulement sur le

point d'être terminées, mais les commandes pour deux groupes déjà lancées, et l'exécution de certaines parties très avancées.

On a, dès le mois de décembre, mis en adjudication les fermes de 25 mètres recouvrant les industries diverses ; on les amène en ce moment à pied d'œuvre et le montage des deux premières vient d'avoir lieu en présence de M. le Ministre du commerce et de l'industrie, commissaire général de l'Exposition de 1889 ; toute cette partie du Champ de Mars sera bien certainement couverte avant la fin de cette année.

On vient de prononcer l'adjudication des fermes de 120 mètres en faveur de deux de nos plus grandes maisons de construction ; la notoriété de ces établissements nous permet d'assurer qu'elles seront montées dans les délais stipulés, et que cette immense salle des machines, avec fermes de 120 mètres, c'est-à-dire d'une portée dépassant de quarante mètres les plus grandes constructions existantes, sera complètement terminée dès le mois d'août 1888.

On compte enfin mettre en adjudication, avant la fin de ce mois, les fontes et ferrures des bâtiments des beaux-arts et des arts libéraux, et comme leur construction, malgré les grandes dimensions de leurs fermes, ne présente pas de difficultés, nul doute qu'elle ne soit terminée dès les premiers mois de 1888.

La marche des travaux dans le Champ de Mars suit donc un cours régulier et parfaitement coordonné ; elle est réglée pour que tout soit terminé en 1889 et que rien ne manque à l'éclat que l'on veut donner à cette grande fête en faveur des progrès accomplis par l'humanité depuis un siècle.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Contamin des informations si satisfaisantes qu'il vient de fournir sur la marche des travaux de l'Exposition de 1889.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Boudenoot pour la discussion du rapport fait par l'honorable M. Pradon, député, au nom de la Commission du Métropolitain.

M. BOUDENOOT. — Quand, au mois de novembre dernier, je présentai à la Société des Ingénieurs civils une modeste étude sur le Métropolitain de Paris, nos collègues n'étaient pas unanimes à penser qu'il fût utile et opportun de livrer à notre discussion cet important sujet. Tandis que quelques-uns d'entre nous, et j'étais du nombre, demandaient que notre Société prît sa part dans l'examen de cette grande œuvre qui intéresse Paris et la France entière, d'autres, et parmi eux, notre éminent Président de l'an passé, croyaient, au contraire, qu'il y avait lieu de s'abstenir, « la discussion, disaient-ils (et » je cite les paroles mêmes de M. Hersent), ne pouvant s'établir avec » fruit à cause des traités en élaboration ».

C'est pourquoi ma communication est restée isolée, et n'a pas été suivie alors de la discussion qu'elle comportait et dont je l'avais con-

sidérée comme le prélude. Mais le débat n'a été qu'ajourné, et nous y revenons aujourd'hui, sans qu'il soit trop tard, puisque le Parlement n'a pas encore résolu la question, et sans que nous ayons à craindre d'entraver des négociations qui sont terminées, ni de gêner la Commission ou son rapporteur. Dès que ce travail fut terminé, notre collègue M. Chardon s'est empressé de le communiquer à notre Président, en lui exprimant le désir qu'il fût examiné et discuté par notre Société.

Nous pouvons donc nous livrer en toute liberté à la critique raisonnée de l'œuvre de la Commission. Cet examen nous est rendu moins difficile par l'excellente analyse que nous a présentée à la dernière séance notre collègue, M. Regnard. Substantielle et lucide, suivant le mot de notre Président, cette analyse sera pour nous le meilleur des guides dans une étude aussi longue et aussi complexe.

Pour me mettre tout à fait à l'aise, je commencerai par distinguer entre l'œuvre de M. Pradon et les conclusions de la Commission. Le rapport est extrêmement remarquable; il est très complet, très détaillé, très sincère; et c'est vraiment un beau travail, ainsi que l'a dit M. Regnard. Aussi pouvons-nous en louer l'auteur sans réserve, et porter librement nos critiques sur l'œuvre de la Commission, c'est-à-dire sur le projet tel qu'il est sorti de ses délibérations et pourparlers avec le Gouvernement. Le Rapporteur a, du reste, facilité la tâche de la critique par sa franchise même, qui n'a voulu dissimuler ni les inquiétudes, ni les obscurités, ni les défiances, ni les incertitudes, ni les défaillances auxquelles la Commission a été en proie.

La meilleure marque de ces embarras est dans le choix même du Rapporteur, si nous en croyons M. Pradon, qui assure n'avoir été désigné que parce « qu'il n'était pas partisan de l'entreprise ».

Voici comment il s'exprime à cet égard (page 187), en expliquant pourquoi il a cru devoir exposer le pour et le contre si impartialement, qu'en vérité l'on s'attend, après avoir lu le rapport, à des conclusions toutes différentes de celles qui le terminent :

« Pour le Rapporteur, dit-il, il n'y avait pas d'hésitation pos-
» sible. Si, en effet, la majorité en avait jugé autrement, ce n'est pas
» lui qu'elle aurait choisi, mais bien le candidat des partisans de l'en-
» prise dès le projet primitif. »

Ainsi, Messieurs, nous voilà fixés. La Commission de la Chambre a accepté le projet, non pas parce qu'il lui a paru bon, logique, conforme à un plan bien conçu et répondant aux besoins et aux intérêts à satisfaire; non, elle s'est, au contraire, chargée de démontrer en mainte occasion qu'il n'a aucune de ces qualités; elle l'a accepté parce qu'il y a vraiment trop longtemps qu'on en parle, parce qu'il faut faire quelque chose, parce qu'il faut en finir et en venir à la discussion publique; et, craignant de laisser s'établir des malentendus fâcheux entre les pouvoirs publics et certains milieux de la population parisienne, elle s'est résignée à subir le projet (page 116). Mais, pour manifester ses dis-

positions, elle a pris son rapporteur en dehors des partisans de l'entreprise.

Dans ces conditions, il ne faut pas s'étonner que l'œuvre projetée soit détestable ; il n'en pouvait être autrement, puisqu'elle est le produit d'une inextricable confusion et d'un aveugle chaos, le bizarre assemblage des incohérences et des contradictions les plus décisives.

Pour nous, qui croyons que l'on peut mieux faire si l'on veut résolument se laisser guider par des principes certains et des vues d'ensemble, et placer nettement la question sur le terrain technique sans faire intervenir des préoccupations électorales, politiques et autres ; pour nous, qui estimons qu'il eût fallu étudier avant toutes choses les conditions de tracé et d'exécution qu'on a rejetées à l'arrière-plan, nous ne craindrons pas de protester contre les solutions mauvaises, d'indiquer, s'il se peut, les bonnes, de dire, en un mot, notre pensée tout entière.

Nous lisons dans le rapport de M. Pradon, que le Conseil général des Ponts et Chaussées et les grandes Compagnies ont cru devoir s'abstenir de donner leur avis sur le projet ; nous constatons que l'État rejette sur la Ville la responsabilité de la solution souterraine, et que la Ville lui renvoie cette responsabilité ; nous voyons que la Commission incrimine à plusieurs reprises le Gouvernement et les ministres, anciens et nouveaux ; et que ceux-ci s'en rapportent à la Commission, ou mettent en cause le concessionnaire et les Compagnies, avec qui il a fallu traiter, et ainsi de suite.

Tel est l'étrange spectacle qui nous est donné ; devant lui, nous croyons, avec M. Regnard, que la Société des Ingénieurs civils a le devoir de faire entendre sa voix, qu'elle n'a aucun motif pour se taire, et bien plutôt qu'elle doit trouver, dans le silence et, disons même, dans l'abdication des uns et des autres, une raison de plus pour parler.

C'est assurément pour des motifs plausibles et dans de bonnes intentions que chacune des parties intéressées a voulu s'effacer et quelquefois se dérober : l'empressement qu'on a mis à abandonner telle solution qu'on jugeait d'abord nécessaire, la résignation avec laquelle on a laissé dénaturer le caractère du projet primitif, ont pu être inspirés par le désir légitime de réduire les dépenses et de limiter les sacrifices financiers de l'État et de la Ville. Mais si l'on est allé trop loin dans cette voie, si la conséquence de ces pusillanimités entraîne la création d'un Métropolitain absolument mauvais et dangereux, on aura fait une œuvre qu'il faudra sans cesse retoucher, et qui, finalement, coûtera plus cher que si l'on en avait abordé tout de suite les difficultés avec un courage réfléchi.

On aura fondé une entreprise qui ne rapportera pas, quelque réduit que soit son prix d'établissement, lequel toutefois sera, à n'en pas douter, supérieur de près de moitié à celui qui est prévu ; tandis qu'on

pourrait se procurer un instrument de transport parfait et relativement peu coûteux, malgré la dépense totale apparente, et en tout cas susceptible de rapport.

Nous croyons qu'il est temps encore, puisque la question doit être examinée par les deux Chambres, de faire prévaloir une solution plus rationnelle, plus avantageuse pour le public, pour la Ville et pour l'État, préférable surtout au point de vue technique, contre celle qui est si malheureusement sortie de l'accord du Gouvernement et de la Commission.

Si la limitation de la garantie annuelle de l'État et de la Ville au chiffre de 8,800,000 francs a été le principal motif de l'acceptation du projet actuel, je ne doute pas que l'on ne puisse exécuter un projet beaucoup meilleur sans majorer ce chiffre.

C'est ce que je vais essayer de prouver, après avoir d'abord fait ressortir les défauts, les contradictions multiples, les irrémédiables inconvénients que présente le projet.

Voyons, en premier lieu, combien peu il satisfait les intérêts, les aspirations et les services auxquels doit répondre le Métropolitain de Paris.

Le Gouvernement avait d'abord présenté, par l'intermédiaire de M. Baïhaut, un projet de Chemin de fer Métropolitain d'une longueur restreinte, il est vrai, mais facilement susceptible d'additions. Tel qu'il était, surtout en y laissant l'artère centrale de jonction conforme au plan de M. Haag, ce projet constituait du moins un premier réseau fort bien conçu, qui pouvait servir de base à un second réseau parfaitement relié au premier; et les diverses parties de l'ensemble pouvaient être successivement construites et exploitées avec fruit, en attendant la construction et l'exploitation totales.

Moyennant de légers changements, la substitution sur quelques kilomètres de la voie aérienne au souterrain et l'addition de deux lignes de banlieue, que l'on aurait pu y introduire aussi aisément qu'on l'a fait d'ailleurs dans les projets suivants, le projet Baïhaut répondait complètement à tous les intérêts divers qu'on s'était jusqu'alors accordé à attribuer au Métropolitain.

Le triple caractère d'intérêt général, urbain et de banlieue, s'y trouvait affirmé et respecté. Mais on convenait généralement, et je rappelle combien j'ai insisté pour ma part sur cette distinction, que le caractère général ne devait être imprimé d'une façon absolue qu'à l'artère de jonction des deux groupes des grandes gares. Cette restriction pouvait aisément être admise sans renoncer pour cela au principe général posé. On ne l'a pas cru, et aujourd'hui on n'a plus gardé que l'étiquette de chemin de fer d'intérêt genéral; au fond, le projet n'offre plus du tout ce caractère.

Cependant le rapport résume, mieux que jamais, les raisons qui doi-

vent faire attribuer au Métropolitain le caractère d'intérêt général. Voici comment il s'exprime (page 3) :

« Créées postérieurement au développement des grandes villes, les » lignes de chemins de fer n'ont pu pénétrer les espaces déjà bâtis et » ont dû s'arrêter à la périphérie. Elles laissent aux portes de la ville » le voyageur qui vient de l'extérieur, et qui, incommodé de ses ba- » gages, exposé à toute heure aux pires intempéries, doit, malgré sa » lassitude, chercher péniblement un moyen de transport nouveau » jusqu'au quartier de sa destination. Le voyageur qui transite est » obligé soit à interrompre son voyage, soit à faire par la Ceinture un » détour encore plus incommode que coûteux. Aussi le Conseil général » des Ponts et Chaussées, le Conseil d'État et la plupart des auteurs de » projets (*M. Pradon eût pu ajouter toutes les Sociétés savantes et* » *techniques*) ont-ils placé parmi les raisons d'être d'un Métropolitain la » nécessité de relier entre elles, à travers la ville, les diverses gares de » nos grandes lignes de chemins de fer. Les lignes existantes devien- » nent ainsi les amorces naturelles des lignes métropolitaines auxquelles » elles ouvrent d'ailleurs un accès immédiat dans les banlieues et pro- » curent le bénéfice d'un trafic supplémentaire de transit qui peut avoir » une importance considérable. »

Après cette citation, on s'attend à voir adopter un projet conforme aux principes si bien établis. Mais il n'en est rien, et tout est arrangé, au contraire, de telle sorte que l'exploitation normale des Compagnies ne puisse s'accorder avec les conditions de l'avant-projet. Aucune des lignes métropolitaines ne présente des rampes et des courbes assez réduites pour s'approcher de celles admises sur les grands réseaux ; les raccordements sont incomplets et s'effectuent loin des gares actuelles ; celles-ci sont laissées en dehors du parcours des trains que les Compagnies pourront lancer sur les lignes métropolitaines ; on redoute sur ces dernières l'embarras des bagages comme pour un simple tramway, etc. Voilà tout ce que constate le rapport même (pages 139, 172, etc.).

Comment dès lors espérer que les Compagnies fourniront le trafic d'apport qu'on exige d'elles ? Comment s'étonner qu'elles ne répondent pas, lorsque le Rapporteur leur demande si les conditions et les pratiques de leur exploitation normale permettent de faire parcourir à leurs trains les lignes métropolitaines ? Elles ne pouvaient s'exprimer autrement qu'elles l'ont fait dans cette phrase, qui paraît n'avoir pas contenté la Commission, que relève amèrement le Rapporteur, et d'où il conclut : que les Compagnies se prévaudront, le cas échéant, de l'engagement pris vis-à-vis d'elles de construire le Métropolitain « de » manière à assurer le prolongement des trains ordinaires des grandes » lignes ».

Cela est pourtant bien naturel. Car, enfin, l'on ne saurait demander aux Compagnies de fournir un trafic d'apport de cinq millions, et leur

refuser les moyens de le faire naître. Ce serait un illogisme absolu et une contradiction singulière.

Aussi, dans les conditions admises, M. le Rapporteur a-t-il cent fois raison de craindre qu'il y ait, suivant son expression « incompatibilité « entre les conditions d'exploitation des grandes lignes et les condi- « tions d'établissement du Métropolitain d'après l'avant-projet ».

Oui, tous les doutes doivent subsister, toutes les défiances sont justifiées dans les conditions où vous vous placez, et voilà pourquoi il faut rejeter un pareil projet. Sinon le résultat inévitable, prévu d'ailleurs et annoncé, c'est que, indépendamment du manque de voyageurs urbains, dégoûtés par la solution souterraine, les Compagnies, de leur côté, ne pourront jamais vous amener la quantité de voyageurs nécessaire au minimum de péage, et que, au bout de vingt années, vous aurez 60 à 80 millions, et plus, à inscrire au compte d'attente où l'on doit porter les déficits provenant de ce chef.

Que devient alors la limitation des sacrifices du Trésor ? La manière dont vous l'assurez n'est donc qu'illusoire et décevante. Elle est d'autant plus trompeuse qu'il faut ajouter à ces prévisions relatives au trafic d'apport celles dont on doit tenir compte au sujet des travaux de raccordement. Car, si les Compagnies prennent ces dépenses à leur charge, ce n'est qu'à titre de travaux complémentaires, c'est-à-dire qu'elles les exécutent au moyen d'obligations garanties par l'État. Ne peut-on pas affirmer maintenant que, malgré ses justes défiances et ses hésitations, la Commission a été pourtant amenée à recommander une œuvre qui expose le Trésor public aux plus graves mécomptes ?

La vraie façon d'obtenir réellement des Compagnies un trafic de 5 ou de 7 millions consiste à construire un Métropolitain qui, outre l'intérêt urbain et suburbain, présente un véritable et effectif caractère d'intérêt général, et qui constitue une liaison pratique et complète entre les grands réseaux et leurs gares terminus, en même temps qu'il assure une pénétration commode des trains de banlieue à travers la Ville.

Or, ce qui réalise le mieux ces conditions, c'est l'artère centrale de jonction que le ministre, M. Baïhaut, a tout d'abord proposée, en l'empruntant au projet Haag ; c'est cette ligne transversale de jonction établie de façon que ses extrémités se raccordent rails à rails avec les grandes lignes et avec la ligne métropolitaine circulaire ; c'est l'artère transversale aérienne, sur viaduc en maçonnerie, prise comme ligne centrale ; et c'est également la solution aérienne admise en principe pour les autres sections, sauf les cas d'empêchement absolu, qu'on ait recours, pour la mettre en pratique, aux diverses sortes de viaducs, maçonnés ou métalliques, ou bien aux tranchées ouvertes.

Si l'on construit un chemin aérien, disait M. Level en 1883, on aura un instrument parfait, des courbes de grand rayon, de faibles

pentes, par conséquent une bonne vitesse, et la possibilité d'admettre tous les trains des grandes lignes. Si l'on adopte le souterrain, on se prépare un instrument détestable, incommode, dangereux.

Les difficultés d'exécution du chemin de fer aérien sont nulles ; la vraie difficulté, c'est la dépense. Mais si l'on montre que la dépense du chemin de fer souterrain est presque aussi élevée, et nous le verrons tout à l'heure, pourquoi repousser la solution aérienne ?

Remarquez que personne ne met en doute que le chemin de fer aérien créera un trafic au moins double du trafic souterrain, tant au moyen des voyageurs provenant des grandes lignes qu'au moyen des voyageurs de la Ville et de la banlieue ; tout le monde reconnaît que le nombre de ces derniers sera bien plus considérable sur une voie aérienne que sur une voie souterraine.

Dès lors l'augmentation des frais d'établissement, considérable en apparence, mais faible en réalité, serait couverte et au delà par l'accroissement assuré des recettes.

La triple utilisation de l'artère centrale par les trains des six grandes Compagnies, par les trains urbains et de banlieue, fournirait tout de suite de grosses recettes qui augmenteraient rapidement, à mesure qu'on sentirait mieux l'utilité et l'agrément du chemin de fer, et qu'on prendrait l'habitude de ce nouvel instrument de transport.

Je ne parle pas de son utilisation stratégique, puisque une note du ministre de la guerre, dit M. Regnard, ne permet que difficilement de l'invoquer. On ne peut nier toutefois que, si aujourd'hui tous nos plans de mobilisation se passent de Paris, il était impossible de les établir autrement tant que Paris constituait une barrière. Mais n'a-t-on pas le droit de penser, avec bon nombre d'autorités compétentes, que ces plans pourraient être améliorés au point de vue de la direction et de la rapidité, si la liaison directe entre les grandes lignes se trouvait établie dans des conditions normales d'exploitation ? Il est, ce me semble, permis de le croire, quand on songe à ce qui s'est fait à Berlin et à ce qui se fait à Vienne.

Mais n'insistons pas sur ce point et revenons au caractère général que doit prendre le chemin de fer, au point de vue purement commercial, si l'on veut que les grandes Compagnies utilisent les lignes du Métropolitain et fournissent un trafic d'apport réel et sérieux.

Il ne suffit pas pour cela de donner au chemin de fer le titre de ligne d'intérêt général « par le jeu des définitions légales », comme dit spirituellement le Rapporteur : il faut en outre, l'exécuter dans des conditions techniques correspondantes.

Sinon, l'on n'aura pas, conformément aux conventions passées avec les Compagnies, « assuré le prolongement sur le Métropolitain des trains ordinaires, ni même de ceux de la banlieue ».

L'on aura méconnu, par une contradiction étrange, cette nécessité et cette utilité premières qu'on a posées en principe en disant : « que la

jonction des grandes lignes est une des préoccupations principales du projet. »

L'on n'aura pas tenu compte de ces considérations, auxquelles le rapport fait pourtant allusion, dans le passage déjà cité où il est question « du bénéfice d'importance considérable que peut procurer le trafic supplémentaire de transit »; considérations que j'ai développées naguère ici même en indiquant les grands courants de trafic international qui peuvent et doivent traverser Paris.

En négligeant ces divers points de vue, et aussi en se plaçant dans de mauvaises conditions en ce qui concerne les raccordements et la pénétration des trains de banlieue, on laisse de côté des sources importantes de trafic. Quant au trafic urbain, le seul fait d'avoir mis le Métropolitain presque entièrement sous terre le réduira, à notre avis, de plus de moitié.

Le Rapporteur évalue à 80 ou 100 millions le nombre de voyageurs que pourra transporter annuellement le Métropolitain, pourvu, dit-il, qu'on en fasse un instrument « commode, accessible, agréable, perfectionné et souple ».

N'est-ce pas précisément tout le contraire qu'on nous offre dans cet admirable projet, qui comporte : 28 kilomètres de souterrain sur 42; 43 stations souterraines sur 68, et qui présente, sur les 2/3 du parcours, des courbes dont le rayon s'abaisse fréquemment à 150 mètres, et des pentes et rampes dépassant, pour la plupart, $0^m,015$ et allant jusqu'à $0^m,025$?

La ligne transversale Nord-Sud, par exemple, a 7 kilomètres de longueur entièrement en souterrain, avec double passage sous la Seine; 11 courbes sur 22 ont un rayon de 150 mètres; 5 kilomètres sont en pentes et rampes dont les déclivités atteignent $0^m,025$; de plus, elles coïncident avec des courbes; les onze stations sont souterraines, l'une d'elles est à 16 mètres de profondeur.

Voilà, ce me semble, des conditions inouïes d'exploitation, qu'on n'admet même pas pour les lignes d'intérêt local construites à voie étroite en pays de montagnes.

Comment s'étonner, après cela, que le Conseil général des Ponts et Chaussées n'ait pas voulu donner son avis sur un pareil projet ? On ne saurait justement lui faire un reproche de son silence, et l'honorable M. Pradon l'a bien compris lorsqu'il dit (page 130) :

« Si le Conseil des Ponts et Chaussées paraît se dérober quelque » peu, ce n'est assurément pas sa faute. Pouvait-il, à l'heure où on » a jugé à propos de le consulter, alors que la responsabilité du » ministre était engagée par le dépôt du projet, condamner l'initiative » prise par le Gouvernement et lui préparer ainsi devant le Parlement » un grave échec? Non. La question n'était pas entière. La désappro- » bation, dans le cas même où elle eût été justifiée par les convictions » professionnelles, aurait toujours eu un faux air de révolte. Le Con-

» seil a agi comme il le pouvait, comme il le devait. Le tort est tout » entier au ministre qui ne l'a pas consulté en temps utile. »

Voilà qui est topique; et qui sait lire entre les lignes devine assez bien quelles sont les « convictions professionnelles » du Conseil. Sa pensée, d'ailleurs, peut être aisément découverte, pour peu que l'on consulte avec attention le rapport « même trop sommaire » dans lequel il a dû formuler ses appréciations sur le projet actuel, et surtout si l'on se reporte aux rapports antérieurs.

Ainsi, nous lisons dans un travail de M. l'Inspecteur général Frémaux, en date du 12 septembre 1883 :

« Les premières études faites pour l'établissement d'un réseau de » chemins de fer à l'intérieur de Paris datent de quarante ans; à l'ori- » gine, elles ont eu pour objet la pénétration dans la capitale des » grandes lignes de chemins de fer.... Cette préoccupation a dominé » dans tous les projets présentés depuis.... Notamment, M. l'Inspecteur » général Huet a proposé, dans ce sens, un programme qui comprenait » une gare centrale au Palais-Royal, avec cinq lignes rayonnantes qui » constituaient comme le nœud des six grandes lignes... Plus récemment » encore, pour affirmer le caractère d'intérêt général d'un Métropo- » litain quelconque, le ministre des Travaux publics citait un avis for- » tement motivé du Conseil général des Ponts et Chaussées, portant » en substance : *que le Métropolitain de Paris était au premier chef* » *une ligne d'intérêt général, parce qu'ayant principalement pour but* » *de relier au centre de Paris les grandes lignes rayonnantes, la ceinture* » *et la banlieue, il était le complément de ces chemins, et qu'il ne se* » *trouvait nullement dans les conditions économiques indiquées par les* » *documents officiels pour l'établissement des chemins de fer d'intérêt* » *local.* »

Enfin l'honorable M. Pradon s'exprime lui-même en ces termes, dans un paragraphe qui est à rappeler entièrement :

« Nous disions que M. l'Inspecteur général Delocre s'était soigneu- » sement abstenu d'émettre une opinion sur les conditions essentielles » du projet. Il en laisse pourtant percer quelque chose dans son exposé » du tracé. Il nous dit pourquoi le réseau primitif proposé par » M. Baïhaut lui paraît supérieur au réseau de 1883, qui fut l'objet » d'une enquête. « L'avantage principal que présente le nouveau réseau » provient surtout de la combinaison adoptée pour le niveau de la » plate-forme par rapport au niveau du sol; tandis que le réseau » soumis à l'enquête était entièrement *en souterrain*, le nouveau réseau » présente 15 kilomètres sur viaduc, 5 en tranchée ouverte et 13 *seu-* » *lement* en souterrain. En outre, il comprend une ligne partant de » la gare Saint-Lazare et rejoignant la ligne circulaire près la gare » du Nord; et la partie de cette ligne située entre la gare Saint- » Lazare et le carrefour Drouot, combinée avec la ligne du carrefour » Drouot à la Bastille, forme une grande ligne transversale se rap-

» prochant beaucoup de la direction qui a toujours été reconnue » comporter la circulation maximum. » Or, cette *supériorité* (notez le » mot, qui est de M. Pradon) a disparu dans le projet définitif. La » ligne de la gare Saint-Lazare à la gare du Nord devient souter- » raine. Nous ne retrouvons plus, dans le dernier avant-projet, qui » porte la date du 11 décembre, la ligne du carrefour Drouot à la » Bastille. Où découvrir maintenant, dans le projet définitif, des mo- » tifs de satisfaction pour M. l'Inspecteur général? »

M. le Rapporteur peut être bien tranquille: qu'il ne se donne pas la peine de chercher; il n'en découvrirait pas.

Mais que conclure de tout cela, sinon que le Conseil général des Ponts et Chaussées regrette amèrement le projet Baïhaut, ou, si vous aimez mieux, le projet Haag modifié?

La Commission, paraît-il, n'a pu se rallier à ce projet, dont elle reconnaît l'excellence et la supériorité, pour les raisons suivantes :

« D'abord, s'il était possible, dit-on, de provoquer des amendements » au projet du Gouvernement, il eût été très grave pour une Commis- » sion parlementaire de substituer, au projet régulièrement présenté » sous sa responsabilité par le ministre des Travaux publics, un projet » entièrement nouveau, qui aurait eu au moins à subir l'épreuve de » l'examen technique par le Service des Ponts et Chaussées. Votre » Commission ne pouvait qu'appeler l'attention sur les divers systèmes » qui lui ont été présentés.

» Le projet Haag, d'ailleurs, ne supporte pas aisément les amen- » dements et les modifications. C'est un tout qu'il faut adopter ou » rejeter en bloc. »

Il y a, dans ces lignes, plusieurs erreurs et plusieurs contradictions. Il n'est pas exact que le projet Haag doive nécessairement être adopté ou rejeté en bloc; la présentation du projet Baïhaut en est une preuve. Les propositions de M. Haag supportent fort bien les amendements et les modifications. L'artère centrale, il est vrai, s'impose à peu près sans changement; mais on ne peut pas s'en plaindre, puisque seule elle réalise complètement le principe de la jonction des grandes lignes, qu'on a proclamé utile et nécessaire; seule, elle résout convenablement le problème des raccordements; seule, elle permet une liaison pratique des gares des Compagnies et de la Ceinture, ainsi que la pénétration commode au cœur de la ville des trains de banlieue; seule enfin, elle assure le transit des trains internationaux. Quant au reste, en tout ce qui concerne les autres lignes que l'artère centrale, les modifications et les additions les plus diverses peuvent aisément se produire. J'en ai, pour ma part, indiqué plusieurs dans le Mémoire que j'ai présenté l'an dernier à la Société. On peut les approuver, ou les rejeter pour en approuver d'autres; mais rien n'empêche qu'il en soit proposé.

Examinons maintenant cette assertion, qui consiste à faire consi-

dérer l'adoption du projet Haag comme la substitution au projet du Gouvernement d'un projet entièrement nouveau. On trouvera cette assertion tout à fait curieuse et vraiment inattendue, quand on se rappellera que le projet primitif du Gouvernement n'était autre chose, on le lui a assez reproché, que le projet Haag déguisé. Comment! le ministre présente un projet conçu, dans son ensemble, d'après l'idée principale du plan d'un ingénieur déterminé. Vous forcez le Gouvernement, pour des raisons quelconques, à remplacer ce projet par un autre. Et quand vous avez à examiner le premier projet que vous rapporte cet Ingénieur, vous lui répondez que, bien qu'il soit excellent et supérieur à tout autre, vous ne pouvez l'admettre, parce que ce serait substituer aux propositions du Gouvernement quelque chose de nouveau !

Peut-on donner une plus mauvaise raison et tomber dans une contradiction plus décisive ? Si c'était là un argument, il se retournerait contre la thèse soutenue : car chacun penserait qu'il fallait le mettre en avant et raisonner de la sorte, lors de la présentation du projet Haag-Baïhaut ; c'est-à-dire qu'au lieu de repousser alors complètement ce projet, il fallait l'amender, y apporter quelque addition et changement, l'améliorer, en un mot, et non lui substituer quelque chose de nouveau, et de pire!

Mais, dira-t-on, l'on n'a enfin pris cette résolution néfaste qu'en désespoir de cause ; on ne s'y est résigné, bien à contre-cœur, si l'on en croit le rapport, que pressé par la nécessité absolue, par la volonté unanime, de limiter les sacrifices de l'État et de la Ville. Et qui empêchait qu'on obtînt cette limitation dans le cas du premier projet ministériel aussi bien que dans le cas du dernier?

Pour ma part, je suis persuadé que si l'on va au fond des choses, si on consulte la réalité vraie au lieu de s'arrêter à de vaines apparences, on peut se rendre compte que le Trésor n'a pas plus de sacrifices à redouter dans un cas que dans l'autre.

Examinons, en effet, les diverses conditions d'exécution et d'exploitation du chemin de fer souterrain et du chemin de fer aérien, pour les comparer entre elles au point de vue des dépenses et des recettes.

Je laisse ici complètement de côté la démonstration, que j'ai faite l'année dernière, de l'unanimité avec laquelle le grand public et le monde spécial technique se sont prononcés en faveur de la solution aérienne. Je renvoie, pour cela, à la revue rétrospective de toutes les opinions émises ici à ce sujet depuis 1882 (voir le Mémoire inséré dans le *Bulletin* de novembre 1886), d'où il résulte que presque tous les ingénieurs ont repoussé la solution souterraine, et que le petit nombre de ceux qui l'ont mollement préconisée ont néanmoins reconnu : que la solution aérienne serait beaucoup plus conforme aux aspirations et aux goûts du public, et seule de nature à complaire à la population de Paris et à obtenir sa pratique.

Je ne mentionne ce point que pour mémoire, pour prendre acte de ce que l'aérien créera, de l'aveu de tous, des recettes beaucoup plus considérables que le souterrain ; et je vais m'attacher surtout à prouver que le prix de revient du chemin de fer souterrain ne sera pas éloigné du prix de revient du Métropolitain aérien.

D'après le projet de la Commission, le premier réseau, comportant environ 35 kilomètres, coûterait 220 millions, ce qui fait ressortir à un peu plus de 6 millions le coût moyen du kilomètre.

Il est facile de voir que cette évaluation est infiniment trop faible, et que c'est le chiffre de 9 millions au moins qu'il faut admettre.

L'on nous dit, en effet, dans le rapport même, que, pour obtenir un prix peu élevé, on a procédé à des réductions considérables dans les prévisions des dépenses de premier établissement. On n'a pas tenu compte de tous les travaux supplémentaires, non prévus au devis, et qu'il faudra, dès lors, dans la pratique, nécessairement exécuter. Ainsi M. Pradon nous signale d'abord : les pentes et rampes exagérées et les courbes de rayons trop faibles ; les dangers de l'exploitation dans ces courbes souterraines, où les signaux ne seront visibles que de près, et sur des rampes où les trains, par suite de l'humidité, pourront rester en détresse. De là, la nécessité de procéder à des travaux de remaniement, d'amélioration ou plutôt de réfection, sachons le dire, si l'on veut mettre les lignes en état de recevoir les trains des Compagnies.

L'honorable Rapporteur signale ensuite les difficultés de l'aération des longs tunnels, et les modifications coûteuses qu'en des cas semblables on a dû exécuter à Londres (1 million pour un simple supplément de ventilation à Aldgate-East-Station). Puis il fait ressortir les chances d'éboulement des tunnels, en citant l'exemple de Montrouge, et il appelle l'attention sur leurs graves conséquences. Il énumère les aléas et les difficultés de la construction dans un sous-sol où l'on rencontre la nappe d'eau souterraine de Paris, les égouts, les conduites d'eau, de gaz, etc., tout cela sans éviter les expropriations que nécessiteront les stations et les courbes. Il parle enfin de la lenteur de l'exécution, des précautions dispendieuses qu'elle exigera, des accidents probables (affaissements du sol et des immeubles, ébranlement des maisons), des responsabilités qu'ils peuvent entraîner, de l'interruption possible des travaux par autorité de justice ; et, en dernier lieu, de la grosse question du double passage sous la Seine, qu'on a dû réserver. (P. 130 et suivantes.)

Voilà, ce me semble, des sources multiples de dépenses considérables, desquelles l'avant-projet ne tient aucun compte ; et n'y a-t-il pas dans cette énumération, que j'emprunte au rapport même, des raisons plus que suffisantes pour affirmer que, en dernière analyse, le Métropo-

litain proposé coûtera moitié plus qu'on ne veut le faire croire dans l'avant-projet?

Il faut avoir le courage de le dire. La Commission, qui a eu l'intention louable de faire la lumière sur beaucoup de points, nous paraît ici avoir été bien timide ou bien aveugle.

Voulant, avec juste raison, prendre une attitude de dignité et de prévoyance et se garder des équivoques, elle a fort bien agi en demandant qu'on envisageât ce que peuvent contenir de risques et de conséquences les engagements actuels. Mais ce n'est pas assez que d'entrer, à cet égard, dans des détails vagues et peu précis; et elle a eu le tort de ne pas *chiffrer* les dépenses supplémentaires dont elle proclame elle-même, par l'organe de son Rapporteur, l'inéluctable nécessité.

Faisons-le pour elle, si vous le voulez bien; et servons-nous pour cela des données mêmes qu'elle nous fournit. C'est dans le rapport que je vais puiser des éléments d'appréciation, qui ne pourront ainsi être récusés.

Le projet repose, est-il dit, sur le principe du souterrain; et pour les difficultés d'exploitation et d'établissement, il présente de sérieuses et grandes analogies avec le Métropolitain de Londres. De tous les Métropolitains existants, ce dernier est même le seul, ajoute-t-on, auquel on puisse utilement comparer le Métropolitain parisien. Il est vrai, et la remarque en est faite, non sans malice, par notre spirituel collègue M. Regnard, que c'est le seul que la Commission ait visité. Mais passons, et entrons dans le détail de la comparaison à laquelle on nous convie.

Laissons de côté les observations que le Rapporteur présente au sujet du peu d'attraction exercée sur le public par les inconvénients du souterrain « restés sensibles malgré les plus coûteuses améliorations (p. 13) », bien que tout le monde reconnaisse que ce défaut prendra bien plus d'importance encore à Paris qu'à Londres, et venons-en tout de suite aux chiffres.

« En 1877, dit le rapport, M. l'Inspecteur général Huet a calculé que » le prix moyen kilométrique d'établissement était de 10,430,000 francs » pour le Métropolitain et de 10,154,000 francs pour le District. Cer» tains kilomètres ont atteint des prix énormes : la dernière section » de l'Inner-Circle, terminée en 1884, qui mesure 1,100 mètres de lon» gueur, estimée d'abord à 11,340,000 francs, a coûté plus de 55 mil» lions, soit 50 millions au kilomètre. (Page 12.)

(Exemple intéressant de l'exactitude des évaluations en fait de travaux souterrains.)

» Les Compagnies sont, en outre, souvent obligées par les réclama» tions du public à consacrer annuellement de grosses sommes à l'amé» lioration de leurs lignes. »

(C'est ainsi que j'ai pu citer tout à l'heure une dépense d'un million pour un simple supplément de ventilation à la gare d'Aldgate-East.)

Après cela, M. le Rapporteur a parfaitement raison de dire que l'éta-

blissement du Métropolitain de Londres a été très laborieux et très coûteux (page 11) ; il a aussi raison d'ajouter, car tout le monde est de cet avis, que les difficultés seront, à Paris, plus grandes et plus nombreuses encore. « Il est incontestable, dit-il, qu'on rencontre à » Paris un sous-sol infiniment moins bon qu'à Londres où l'on n'a pas » eu à faire d'épuisements (page 133). » Et ailleurs (page 11) : « Les » difficultés de ce genre de travaux sont moins sensibles à Londres » que dans d'autres villes, en raison tant de la nature relativement » compacte et imperméable du sol que de la densité moins grande et » de la légèreté des constructions. »

Que faut-il conclure de tout cela, en bonne logique ? que la dépense kilométrique du Métropolitain de Paris, construit souterrainement comme à Londres, mais dans des conditions bien plus défavorables, sera supérieure au prix des lignes anglaises.

Dès lors, nous nous attendons à un chiffre de 9 à 10 millions. Pas du tout, c'est celui de 6 millions qu'on nous donne. Il y a 3 à 4 millions qui restent en route. Mais hélas ! si on ne les voit pas aujourd'hui, on ne les verra que trop plus tard. Car enfin que représentent-ils, ces trois ou quatre millions ? Précisément ces énormes dépenses supplémentaires, imprévues au devis, ces travaux d'amélioration, de remaniement, de réfection totale, pour dire juste, qu'on sera inévitablement conduit à faire après et même pendant l'établissement du souterrain.

Et ces millions, savez-vous comment peu à peu on en présentera la carte à payer ? Oh ! c'est bien simple. Les avant-projets portent aujourd'hui une estimation de 6 millions par kilomètre; fort bien. Quand on fournira les projets définitifs, ils porteront une estimation de 8 millions par kilomètre, et l'on dira : — C'est 25 0/0 de plus qu'il n'était prévu à l'avant-projet, il ne faut pas s'en étonner; cette proportion n'a rien d'anormal, il en est presque toujours ainsi. Et voilà le chiffre de 8 millions acquis, on ne parlera plus de l'ancien.

Puis, quand on passera des projets définitifs à l'exécution, on dépensera 10 millions (comme à Londres), au lieu de 8, et l'on dira : — Mais c'est bien naturel, il n'y a là rien d'étonnant; c'est une augmentation de 20 0/0 seulement sur les prévisions, ce n'est pas beaucoup en pareille matière.

C'est ainsi, passez-moi cette expression triviale, que la farce sera jouée. — Voilà la vérité. — Et cette vérité, malgré les intentions de la Commission qui veut la clarté et la lumière, on croirait presque que tout le monde s'est donné le mot pour ne pas la dire. Chacune des parties contractantes (État, Ville, Concessionnaire, Compagnies); chacune des personnes consultées (Conseil général des Ponts et Chaussées, Gouvernement, Conseil municipal, Commission parlementaire); tous semblent admettre la dépense de 220 millions comme réelle, et l'on ne chiffre pas les dépenses futures et les travaux supplémentaires. On n'en parle qu'à peine, d'une manière hypothétique et vague; on glisse, on n'en

tient pas compte. Mais on a beau faire : la vérité ne s'en impose pas moins à tous, chacun la sent peser sur lui ; et l'on en saisit la préoccupation inquiète dans l'opiniâtreté avec laquelle les principaux intéressés, l'État et la Ville, dénient la responsabilité du choix de la solution souterraine.

« L'État, affirme le Rapporteur de la Chambre, n'a pas fait un choix. » Il s'est résigné à l'admission du choix fait par la Ville qui en garde » moralement *la pleine et entière responsabilité*. »

A ces paroles opposons les suivantes, empruntées au Rapporteur du Conseil municipal, qui, sur la question du souterrain, s'exprime ainsi : « Votre Commission a pensé qu'il appartient plus spécialement à l'État, » auteur du projet, *responsable de ses plans et de leur exécution*, d'as- » sumer directement le soin et la charge de résoudre les difficultés. »

Ce qu'il y a de curieux, c'est que le Rapporteur du Conseil, de même que le Rapporteur de la Chambre, accumule les arguments en faveur de la solution aérienne.

Vous vous rappelez les objections capitales que nous avons vu tout à l'heure élever contre le souterrain par l'honorable M. Pradon. Écoutez maintenant M. Lefebvre-Roncier :

« Au milieu de beaucoup d'objections diverses que soulève le système » souterrain, des esprits très sérieux ont représenté que ce système » donnerait peu de satisfaction à un de nos désirs les plus chers, à » celui de faire du Métropolitain le signal de la reprise des affaires et » des travaux dans Paris. Il est avéré, en effet, que les ouvriers pari- » siens travaillent peu dans les travaux souterrains et en général dans » les travaux de terrassements, qui semblent être plutôt accaparés » par les Belges, les Allemands et les Piémontais : on pense, au con- » traire, que dans le système aérien, tous les corps de métier pari- » siens auraient plus de chances de se trouver employés dans l'en- » semble des travaux. »

Plus loin, il signale la dépense considérable des expropriations que nécessiterait un chemin aérien ; mais il met aussitôt en regard « l'agré- « ment plus grand au point de vue de la circulation, les recettes pro- » bablement supérieures, les jonctions plus faciles avec les grandes » voies ». Et en ajoutant que ce ne sont pas des raisons suffisantes pour entreprendre « *en bloc* » (le mot est souligné) une entreprise aussi coûteuse, il semble vouloir dire qu'on pourrait bien l'exécuter par parties, en procédant par lignes successives. Enfin, il constate qu'à Londres « où des raisons climatériques paraissent expliquer et justifier « l'application première du système souterrain, une tendance très marquée » s'est accentuée pour entreprendre en viaduc les lignes nouvelles ». (Pages **123** et **124**.)

Après ces arguments nombreux et décisifs en faveur de la solution aérienne, nous aboutissons à la conclusion suivante : « l'intervention

« municipale a constamment pour but et pour effet de substituer « partout le souterrain au viaduc. »

Peut-on concevoir rien de plus étonnant et trouver un plus bel exemple d'incohérence et de contradiction ?

Ainsi l'on reconnaît à la solution souterraine tous les défauts et à la solution aérienne toutes les qualités ; et, malgré tout, l'on opte pour le souterrain.

Le seul et unique argument qu'on invoque contre la solution aérienne, c'est la dépense ; et, pour mieux le faire valoir, on grossit, d'une part, les estimations correspondantes, et, d'autre part, on réduit, au delà de toute mesure, les évaluations de la dépense kilométrique du souterrain.

Or, nous venons de montrer que le Métropolitain souterrain ne coûtera pas six millions au kilomètre, comme l'indique l'avant-projet, mais bien neuf à dix millions. Il est facile d'ajouter à cette démonstration la preuve que le Métropolitain aérien ne coûtera pas plus que ce dernier chiffre.

C'est qu'en effet, une fois la ligne construite, tout est fini dans le cas du chemin de fer aérien. Plus de difficultés, plus d'aléas, plus d'inconnu, plus de dépenses supplémentaires, plus de travaux imprévus. Seule, la vraie dépense de premier établissement doit entrer en ligne de compte, et on peut la chiffrer approximativement. Voyons ce que pensent de ces frais des ingénieurs et des architectes expérimentés.

M. Emile Level, en 1883, disait à ses collègues du Conseil municipal : « Dans le cas du chemin de fer aérien, les difficultés sont nulles ; la » vraie difficulté, c'est la dépense des expropriations nécessaires ; mais » si vous comparez les dépenses d'un chemin de fer aérien à celles d'un » chemin souterrain convenablement établi, vous verrez que la diffé- » rence n'est pas grande. »

Dans les discussions auxquelles on s'est livré dans cette enceinte sur la question du Métropolitain, nous avons entendu MM. Armengaud, Heuzé, Quéruel, Hauet, Marché, etc., exprimer cette opinion que la solution aérienne est préférable, car elle ne laisse aucune part à l'imprévu.

Avec la solution souterraine, toutes les évaluations sont hasardeuses ; de plus l'achèvement des travaux n'est qu'apparent ; avec la solution aérienne, tout peut être chiffré d'avance, et même la part des expropriations. Lisez, à cet égard, la déposition de M. Bellem à la Commission parlementaire et vous serez édifiés.

Résumons maintenant, chiffres en main, la comparaison des deux solutions en présence.

Le projet de la Commission comporte deux réseaux d'une longueur totale de 43 kilom., dont la dépense sera, non pas de 6 millions, mais de 9 millions au moins par kilomètre. Le total minimum sera donc de 387 millions.

A cette dépense de 387 millions correspondra un trafic de 50 mil-

lions de voyageurs. (En effet, M. Pradon ne compte sur 80 millions de voyageurs qu'au cas où l'instrument de transport serait « très perfec- « tionné, commode, très accessible, d'une grande souplesse et d'un « usage agréable ». — Ce n'est pas le cas, chacun l'avoue, du Métropolitain proposé, et le Rapporteur le laisse assez entendre.)

50 millions de voyageurs à 0,20 (moyenne admise dans le rapport) donnent 10 millions de francs. En comptant 50 0/0 de frais d'exploitation, ce qui n'est pas exagéré pour les lignes souterrraines projetées, on arrive à une recette nette de cinq millions de francs à mettre en regard d'une dépense de 387 millions.

Par suite, il y aura lieu de faire jouer, dans la totalité, la garantie maximum de l'État et de la Ville, soit 8,800,000 francs ; et l'on parviendra alors à servir à ces 387 millions une annuité de 13,800,000 francs, soit trois et demi pour cent environ, avec l'aide constante du Trésor.

Que donnera, au contraire, le Métropolitain aérien, tel que l'a conçu M. Haag et après l'addition des lignes qu'on a successivement demandé d'inscrire dans le premier et le second réseau ?

Si vous voulez bien vous reporter aux conclusions du mémoire inséré dans le Bulletin de novembre 1886, vous verrez que l'on peut établir un ensemble de 63 kilomètres de lignes métropolitaines, dont 8 kilomètres seulement en souterrain, c'est-à-dire, en somme, un chemin de fer aérien au prix moyen de 9 millions 200 mille francs le kilomètre.

Le coût total d'établissement serait de 585 millions, desquels il faut déduire au minimum 60 millions pour les opérations de voirie. L'on peut encore réduire cette dépense de 525 millions par l'emploi, sur certaines sections d'intérêt purement urbain, de chemins de fer funiculaires établis sur viaducs métalliques d'autant plus légers qu'ils n'auraient pas à supporter le passage des locomotives.

Finalement le chemin de fer coûterait au maximum 525 millions; et il y correspondrait un trafic de 120 millions de voyageurs. En effet, l'on estimait à 100 millions le nombre de voyageurs que pourrait transporter annuellement le premier réseau qui ne comportait que 36 kilomètres; c'est donc être modeste que d'évaluer à 120 millions seulement le nombre de voyageurs transportés sur un ensemble de 63 kilomètres.

Il en résulterait une recette brute de 24 millions de francs et une recette nette de 16 millions, car l'exploitation aérienne étant beaucoup moins onéreuse que l'exploitation souterraine, on peut admettre pour les frais d'exploitation le chiffre indiqué de 33 0/0 de la recette brute.

A ce chiffre de 16 millions de francs il convient d'ajouter, puisque on ne craindrait pas ici les marchandises et les bagages comme dans le cas du trafic souterrain, 1,500,000 fr. pour le trafic des marchandises,

et enfin, pour les revenus accessoires (location des boutiques sous le viaduc, affichage, etc,) 3,000,000 de francs.

Le total des recettes nettes serait donc de 20,500,000 francs, donnant 4 0/0 à un capital de 512 millions et demi, si bien que la garantie de l'État et de la Ville n'aurait à jouer que pour fournir un intérêt de 4 0/0, à 12 millions 1/2, c'est-à-dire que jusqu'à concurrence d'une annuité de 500,000 francs.

Ainsi, voilà le bilan comparé des deux solutions en présence, et le tableau suivant le résumera fidèlement à vos yeux :

Solution souterraine	**Solution aérienne**
43 kilomètres de tramways souterrains lents, incommodes, dangereux, désagréables et peu accessibles.	63 kilomètres de véritables chemins de fer, rapides, commodes, agréables, accessibles.
Dépense totale : 387 millions.	*Dépense totale* : 525 millions (mais 20 kilomètres de plus).
Dépense kilométrique : 9 millions.	*Dépense kilométrique* : 9 millions 200 mille francs.
Revenu du capital engagé : Trois et demi 0/0, à la condition de faire jouer toute la garantie; par suite, sacrifice constant de 8,800,000 francs imposé au Trésor chaque année.	*Revenu du capital engagé.* — 4 0/0, en ne faisant jouer la garantie que fort peu, le sacrifice annuel du Trésor n'étant que de *500,000* francs.
Service rendu au public : 50 millions de voyageurs, sur les 300 millions que présente le mouvement annuel opéré par les divers moyens de transport en usage aujourd'hui, c'est-à-dire résultat dérisoire en comparaison de l'effort dépensé.	*Service rendu au public* : 120 millions de voyageurs, de plus création de boulevards et rues nouvelles, assainissement et aération de nombreux quartiers; en un mot, résultat très satisfaisant en comparaison de l'effort.

Telles sont, Messieurs, les réflexions que je crois pouvoir soumettre à votre examen, et j'avoue que ce n'est pas sans une émotion contenue et un pénible regret que, à la suite de l'excellent rapport de M. Pradon, j'ai lu les conclusions de la Commission, qui sont si peu en harmonie avec les considérations développées par l'honorable Rapporteur avec tant de vigueur et de justesse.

Sachant donc séparer nettement le travail du Rapporteur et l'œuvre si tristement amalgamée de l'État, de la Ville et de la Commission, ne craignons pas de la proclamer mauvaise et de réclamer le retour à la solution aérienne.

Ne laissons pas dire que ce serait substituer un projet nouveau au projet tout différent que le Gouvernement a présenté sous sa responsabilité. Nous avons fait justice de cette inexacte et mauvaise raison.

Quant à la dépense, nous venons de voir qu'en fin de compte l'entreprise financière du chemin aérien peut être bonne et que celle du souterrain ne le sera pas, surtout pour le Trésor.

Qu'on ne vienne pas nous objecter l'enlaidissement de la capitale, la destruction de ses mouvements, l'aspect monotone du viaduc, la disparition du Paris artistique et pittoresque. Nous savons que ce sont là de vaines paroles. En réalité, l'artère centrale ne touche à aucun monument et ne fait disparaître aucun des aspects artistiques de Paris :

elle traverse, sur une grande partie de son parcours, des rues étroites et sombres, des impasses et des passages malpropres et malsains, en un mot, des quartiers qu'il faut assainir et désencombrer. Quant au viaduc, on y évitera la monotonie en variant les types et les matériaux de construction, en donnant des aspects divers aux boutiques qui s'établiront sous les arcades.

Les lignes autres que l'artère centrale n'offriront pas moins de variété, pour peu qu'on sache appliquer, suivant le cas où elles s'adapteront le mieux, les diverses espèces de viaducs maçonnés ou métalliques que nous avons vu présenter ici même, et le système des tranchées tantôt couvertes et tantôt découvertes.

Parmi ces sections en tranchées, ou bien sous forme de chemins de fer funiculaires, serait compris le véritable complément de la ligne de Ceinture intérieure, c'est-à-dire son prolongement sur les boulevards de la Chapelle, de la Villette, de Belleville, de Ménilmontant, et par ou près l'avenue Philippe-Auguste, jusqu'à la station de Reuilly.

Pas plus que le Conseil municipal, la Commission de la Chambre n'a songé à faire desservir par le Métropolitain tous ces quartiers ouvriers; et cependant, nous lisons dans le rapport que l'œuvre intéresse nos législateurs par son but essentiellement démocratique. « C'est » pour les travailleurs, dit la Commission, que nous voulons un Métro» politain ; ce sont les travailleurs qui le réclament (page 189). »

S'il en est ainsi, pourquoi ne le faites-vous pas passer par ces quartiers peuplés presque uniquement de travailleurs et d'ouvriers ? Encore une de ces contradictions, si fréquentes dans l'œuvre que nous critiquons !

Pour les sections à établir sur viaducs métalliques, on peut choisir entre les solutions proposées par MM. Garnier, Milinaire, Heuzé, Chrétien, etc. Au sein de la Commission, il semble qu'on ne se soit pas douté qu'en dehors du tramway souterrain et du grand viaduc maçonné à quatre voies, il y a des solutions intermédiaires, et qu'il y a place pour des viaducs en maçonnerie moins forts, comme aussi pour des viaducs métalliques, soit à double voie côte à côte, soit à deux voies superposées, soit à voies portant des chemins de fer funiculaires; tous ouvrages dont la construction peut être légère et économique.

De même que n'ayant visité que le Métropolitain de Londres, on l'avait trouvé seul comparable au futur chemin parisien, de même on n'a jugé sérieux que le tramway souterrain et le grand viaduc en maçonnerie.

C'est ainsi que pour la transversale Nord-Sud, au lieu de l'établir sur un viaduc métallique à voies superposées et à chemin funiculaire, par exemple, qui trouverait sa place dans l'axe des boulevards et s'étendrait directement de la gare de l'Est à celle de Sceaux, on s'est résigné à proposer une voie souterraine passant deux fois sous

la Seine et faisant un grand détour pour que les rampes d'accès pussent se développer; ce qui n'empêche pas d'avoir des pentes de 25 m/m et des courbes de 150 mètres de rayon, les déclivités coïncidant parfois avec les courbes.

Notez qu'il s'agit là d'une ligne qui, plus que toutes les autres, a un caractère presque uniquement urbain et qu'elle est bien mal choisie pour y appliquer une solution qui répugne tant au public parisien! Admirable moyen pour n'avoir pas de voyageurs!

Et le double passage sous le fleuve, que coûtera-t-il? Comment le fera-t-on? « Ce sera l'objet d'une étude spéciale qui dépendra du » mode à adopter pour l'exécution. » Il faut nous contenter de ce splendide renseignement.

Plus loin, comment traversera-t-on le sous-sol si peu solide des environs du Luxembourg et les terrains voisins des catacombes? Le Rapporteur se le demande, en se souvenant sans doute des accidents au tunnel du Père-Lachaise, de l'éboulement récent du tunnel de Montrouge, de l'interruption de circulation qui en résulte, et des affaissements qui se sont produits ces dernières années près de l'École des Mines. La réponse est la même que tout à l'heure : « Ces difficultés » feront l'objet d'une étude spéciale .»

Nous n'en finirions pas, Messieurs, si nous voulions relever toutes les étrangetés et toutes les faiblesses du projet. Je veux terminer cependant; aussi bien, j'ai déjà trop fatigué votre attention, et il faut conclure. Vous me feriez toutefois un juste reproche si je ne disais quelques mots rapides sur le cahier des charges et sur l'exploitation commerciale.

Vous croyez peut-être que, étant donné le caractère nouveau de ce chemin de fer tout souterrain, établi spécialement en vue d'une circulation incessante de voyageurs, on a pris des garanties formelles de bonne exploitation et surtout d'exploitation commode.

Il est fait à ce sujet dans le rapport les plus belles réflexions du monde. « Le public parisien, dit-on, page 132, supporterait difficilement » les inconvénients auxquels le public londonnien paraît se résigner. » Un peu de fumée n'empêcherait à coup sûr de recourir au Métropo- » litain, ni les ouvriers qui vont à leur travail ou qui en reviennent, ni » les employés, ni les hommes d'affaires, ni tous les gens pressés pour » qui le temps est de l'argent, ni enfin ceux qui ont à faire de longs » parcours. Le soir, surtout, la population laborieuse, épuisée de fatigue, » ayant hâte du logis et du repos, ne se montrera pas exigeante pour » un mode de transport qui lui épargnera les longues attentes. » — Avant de continuer la citation, je me permettrai de placer une parenthèse, et de dire que toutes ces raisons ne sont pas suffisantes pour permettre aux exploitants de faire supporter à ces humbles voyageurs, qui sont aussi intéressants que les autres, les ennuis et la gêne qu'on veut épargner aux privilégiés de la fortune. Je ne reconnais pas là

l'esprit démocratique et l'intérêt pour les petits, qui animent justement nos législateurs. Mais poursuivons : « La fumée, l'humidité, tout ce qui » est *malsain, malpropre, répugnant* (voilà les qualités que le rapport » attribue au souterrain), devra être combattu avec le plus grand » soin, si l'on veut faire prendre l'habitude du chemin de fer à la » clientèle de la journée, à celle de la soirée, à tous ceux qui, » quelle que soit l'heure, font, en tous sens, de courts trajets, clientèle » plus considérable à Paris que dans aucune autre ville et dont il est » tenu grand compte dans les prévisions de recettes. »

Voilà qui est bien, et, sauf la restriction que j'ai faite, j'approuve fort ces considérations. Mais à la suite, je m'attendais à voir prendre quelques mesures spéciales en vue de l'exploitation. — Il n'en est rien, hélas! et le cahier des charges ne reproduit que la stipulation ordinaire que l'on inscrit dans tous les documents semblables depuis 1857, savoir : « Les locomotives devront consumer leur fumée et satisfaire à » toutes les conditions prescrites ou à prescrire pour la mise en ser- » vice de ce genre de machines. » Et M. Pradon ajoute que cette clause est de style et n'a jamais été exécutée nulle part. Puis il s'écrie, en la raillant agréablement : « Ah ! le bon billet que ce cahier des charges ! »

En ce qui concerne l'exploitation commerciale, le prix des places, le mode de délivrance des tickets, on n'apporte rien de nouveau, rien de spécial, en vue de ce trafic qui, cependant, est éminemment spécial et nouveau. Toujours les mêmes errements et l'antique méthode qui consiste à délivrer des billets de valeur différente à et pour chaque station.

Je ne veux pas refaire, ce soir, la description du système de tarification et du mode de délivrance des billets kilométriques que j'ai développé récemment devant la Société, et au sujet duquel j'ai reçu un grand nombre d'adhésions et d'assentiments. Je me contenterai de regretter qu'on n'ait pas tenté quelques réformes, qu'on ne se soit pas inspiré des idées de progrès et de simplification si chères à la population parisienne, et je persisterai à réclamer l'étude d'un mode de tarification plus simple et d'un procédé de distribution plus rapide que ceux en usage aujourd'hui.

Concluons maintenant ; car enfin ce n'est pas tout que de critiquer les propositions qui sont faites et de les rejeter : il faut les remplacer par d'autres.

Voici comment je formule mes conclusions, avec la plus grande netteté.

Je suis pour le rejet pur et simple du projet souterrain ; je demande l'abandon complet de ce projet, dont tout le monde refuse d'assumer la responsabilité ; que la Ville n'a accepté qu'en maugréant ; que l'État n'a présenté qu'à regret ; que la Commission n'a accueilli qu'à contre-cœur ; dont chacun ne parle qu'en se résignant, au point qu'on rencontre le verbe « se résigner » dans tous les chapitres du rapport, et

qu'en conséquence je me permettrai d'appeler : « *le Projet de la Résignation générale.* »

Cela fait, je réclamerais l'adoption du projet Haag, modifié et complété comme je l'ai indiqué précédemment.

Que si l'on m'objectait que cela est impossible à faire tout de suite, parce que les conventions avec les Compagnies, avec le concessionnaire, avec la Ville n'ont pas été établies en vue d'un pareil projet. voici alors ce que je proposerais.

Je demanderais l'ajournement du vote de toute subvention et de l'approbation de tous traités jusqu'après la présentation de projets définitifs, et je proposerais qu'on prît seulement, par voie de déclaration d'utilité publique, une décision relative au tracé et favorable à la solution aérienne.

Je ne me laisserais pas ébranler par ceux qui diraient : qu'on n'a jusqu'ici que trop ajourné ; qu'il faut absolument en finir ; que l'année du Centenaire approche ; que l'Exposition universelle va s'ouvrir, etc.

Je répondrais en premier lieu que, pour mal faire, il est toujours trop tôt ; qu'il vaut mille fois mieux attendre encore que d'entreprendre une œuvre détestable, qui serait bientôt à refaire en son entier ; je dirais ensuite, et cette raison serait décisive contre l'argument invoqué, je dirais que, mît-on dans l'affaire la plus grande diligence, il est aujourd'hui impossible de faire une seule ligne métropolitaine avant 1889.

Déjà, l'année dernière, je soutenais que, pour exécuter une ligne quelconque avant l'Exposition, il fallait se limiter rigoureusement; par exemple, se borner à la transversale Nord-Sud et à la moitié Ouest de la ligne circulaire, circuit fermé desservant le Champ de Mars; et cela, à condition de pouvoir commencer les travaux en avril 1887 au plus tard.

Or, nous voici en mai, et il n'est pas douteux que la discussion à la Chambre et au Sénat ne prenne plusieurs mois. Sans doute, le projet ne sera pas adopté tel quel par le Parlement ; s'il l'était, ce serait véritablement désastreux ; mais je compte sur le bon sens du Sénat et de la Chambre pour y mettre ordre. Quoi qu'il en soit, il faut encore compter un an au moins avant qu'on arrive à l'entente complète. Dès lors, toutes les formalités légales et administratives étant supposées résolues vers la fin de l'année 1888, j'affirme qu'il serait souverainement téméraire et déraisonnable de donner à cette époque le premier coup de pioche. Car on n'arriverait même pas à terminer la plus petite section pour mai 1889, et l'on n'obtiendrait d'autre résultat que la transformation de Paris en un grand chantier, aux abords sales et boueux, avec ses embarras, ses obstructions et ses incommodités de toutes sortes. Étrange attrait et beau spectacle pour les étrangers et pour nous !

Il n'y aurait donc rien de fâcheux à entrer dans les vues que j'in-

dique ; et il serait, au contraire, fort raisonnable de demander au Parlement de se prononcer uniquement sur un tracé déterminé et sur la solution aérienne, en ajournant tout vote de subvention et toute approbation de traités jusqu'après la présentation de projets définitifs, qui seraient sérieusement établis d'après la solution admise et le tracé choisi.

Il suffirait de voter, à cet effet, un crédit préliminaire, qui, j'en suis persuadé, ne serait pas perdu.

Permettez-moi de citer, à l'appui de cette thèse, quelques passages du rapport du Conseil général des Ponts et Chaussées, puis les lignes les plus sages et les plus judicieuses qui aient été écrites par M. Pradon, dont le travail est d'ailleurs en tous points remarquable, nous ne craignons pas de le répéter.

Voici d'abord comment s'exprime le Conseil général des Ponts et Chaussées sur le projet actuel soumis à son appréciation :

« Plusieurs membres rappellent que l'avant-projet soumis au Con-
» seil en 1883 était très sommaire et qu'il ne comportait, *comme*
» *celui d'aujourd'hui,* qu'un plan, un profil en long, une estimation
» succincte et un dessin indiquant les types des souterrains. M. l'Ins-
» pecteur général Fremaux, rapporteur, avait fait ressortir que ces
» documents étaient insuffisants pour que l'on pût se rendre un compte
» exact des difficultés d'exécution du Métropolitain, de la manière
» dont les stations seront établies, et des dispositions qu'il serait pos-
» sible d'adopter pour éclairer, aérer et ventiler les souterrains ; et
» l'on ne saurait se dissimuler que les dispositions projetées ont, au
» point de vue de l'exploitation, de sérieux inconvénients. Peut-être
» y aurait-il moyen de les atténuer ; mais les études faites ne sont
» pas suffisantes, et il convient de définir les lignes en termes assez
» généraux pour permettre les rectifications dont les études ultérieures
» viendraient à faire reconnaître la nécessité. »

Ainsi, insuffisance absolue des études, voilà ce qui ressort de cette citation. Cette manière de voir est, en outre, partagée par tout le Conseil et par tous les ingénieurs compétents, à qui on demande leur avis sur le projet.

Passons maintenant aux observations très sensées de l'honorable rapporteur, M. Pradon :

« Les incertitudes, dit-il, sont les mêmes aujourd'hui qu'en 1884.
» L'étude de la question n'a pas fait un pas.

» Au lieu de reproduire d'année en année son avant-projet que le
» Conseil d'aujourd'hui, comme celui de 1884, qualifie de *très sommaire,*
» ce qu'on peut bien traduire sans trahison par *trop sommaire,* étant
» donné surtout que le Métropolitain n'est pas un chemin comme les
» autres, avec des difficultés connues et des solutions également con-
» nues, l'administration des travaux publics n'aurait-elle pas été mieux
» avisée en demandant le crédit nécessaire pour faire établir d'abord

» ces projets définitifs qui exigent des études préalables, longues et » délicates? Elle aurait mis à profit le temps qu'elle a perdu en dé- » marches vaines. Elle aurait éclairé l'opinion, au lieu de la troubler » et de l'inquiéter. Aujourd'hui, tandis qu'elle a semblé parfois vou- » loir surprendre un blanc-seing, elle nous mettrait en face d'une » affaire aux données précises sur laquelle nous n'aurions aucune répu- » gnance à engager notre responsabilité. La demande de crédit pré- » liminaire n'eût certainement été contestée par personne, car per- » sonne n'aurait osé prétendre qu'une entreprise de cette nature dût » être acceptée ou rejetée au hasard. »

M. Pradon regrette qu'on n'ait pas employé cette procédure qui eût, dit-il, abrégé les délais et assuré le succès; mais il craint qu'il ne soit aujourd'hui trop tard pour y recourir. Et malgré ces regrets, malgré tout le mal que la Commission pense du projet, malgré toutes ses répugnances, elle s'est résignée (toujours la résignation!) à laisser présenter l'œuvre telle quelle. Suivant l'expression usitée au Parlement, elle a voté la mort dans l'âme, et pour en finir.

Nous croyons, pour notre humble part, que rien n'est plus préjudiciable à l'intérêt public, ni plus opposé à la création d'œuvres bonnes, utiles et durables, que de pareils compromis. Nous croyons qu'il n'est pas trop tard pour empêcher le mal; et nous affirmons, en outre, que la procédure que nous venons d'indiquer, après le Conseil général des Ponts et Chaussées et le rapporteur de la Chambre, ne fera pas retarder d'un jour l'exécution des travaux.

Nous avons, en effet, démontré qu'il est maintenant impossible de commencer les travaux avant 1890. On a donc deux ans et demi devant soi, une fois le tracé arrêté et le principe aérien admis, pour établir les projets définitifs. Sur la présentation de ces derniers, accompagnés de devis, — et cette fois les devis auront été longuement étudiés et sérieusement discutés, contrairement au projet actuel, — on pourra alors se rendre sérieusement compte de la dépense, voter des subventions en connaissance de cause, et conclure des traités qui reposeront sur des bases solides. On pourra surtout établir, ce qui n'est pas possible aujourd'hui, des prévisions plus justes et plus sûres, en ce qui concerne les sacrifices de l'État et de la Ville, et le concours financier du public qui s'engagera dans l'entreprise.

On pourra enfin réaliser ainsi une œuvre digne de la France et digne de Paris; et, soyez-en convaincus, aussi bien aujourd'hui encore que dans le passé, c'est de cette façon qu'on abrégera les délais et qu'on assurera le succès. *(Applaudissements.)*

M. Cerbelaud dit que M. Boudenoot vient de faire ressortir avec beaucoup de clarté l'importance qu'il y a à ce que les trains des grandes Compagnies puissent être prolongés facilement sur le Métropolitain

quel qu'il soit. Cette nécessité ressort d'un passage du rapport de M. Pradon dont M. Cerbelaud donne lecture.

M. Cerbelaud pense que pour assurer ce résultat, il est une question dont on ne s'est pas suffisamment préoccupé jusqu'ici, c'est celle de l'octroi : si le service de vérification et de péage devait être organisé comme il fonctionne actuellement aux barrières et dans les gares, le trafic si actif du Métropolitain en serait gravement entravé. Il y a là des mesures spéciales à prendre, et M. Cerbelaud conclut en émettant le vœu que cette question soit mise à l'étude sans plus tarder.

M. le Président, vu l'heure avancée, renvoie la suite de la discussion à la prochaine séance.

MM. Combes, Gérard, Goldsmith, Guérin, Hélaut, Petitjean, Sartiaux, Schœller, Thibault et Tournadre ont été reçus membres sociétaires; MM. Cambier, Renault et Turbot, membres associés.

La séance est levée à onze heures.

Séance du 20 Mai 1887.

Présidence de M. A. Brüll.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

A propos du procès-verbal, M. Pontzen demande à rappeler que c'est sur sa proposition que la communication de M. Boudenoot a été imprimée *in extenso*.

Après cette observation le procès-verbal est adopté.

M. le Président. — J'ai le plaisir de vous informer que la Compagnie de l'Ouest veut bien montrer à la Société l'installation qu'elle vient de terminer, à la gare de la rue de Berne. Il a été construit là une gare a deux étages; l'étage inférieur est au niveau des rails du chemin de fer, et l'étage supérieur est au niveau de la chaussée de la rue de Saint-Pétersbourg, près de la place de l'Europe. Cette gare est destinée aux messageries et est aménagée de façon à amener les wagons à l'étage supérieur et à les manœuvrer au moyen d'appareils hydrauliques.

D'accord avec M. Marin, directeur de la Compagnie, et M. Clerc, directeur des travaux, il a été pris rendez-vous pour vendredi prochain à deux heures à la gare des Batignolles, et à trois heures et demie à la gare de la rue de Berne, place de l'Europe, pour aller visiter ces installations; notre collègue, M. Bouissou, ingénieur de la voie, nous fera le plaisir de nous accompagner.

Nous avons à entendre la communication de M. Przewoski *sur la*

fondation à l'air comprimé d'un pont sur le Niemen, ligne de Vilna à Rovno.

M. Przewoski prend soin, depuis quelque temps, de dépouiller les journaux que nous envoient les Ingénieurs de Russie ; depuis 15 ans que ces publications parviennent à la Société, nous n'avions pas pu toujours, jusqu'à présent, en profiter régulièrement, car la langue dans laquelle ils sont écrits est peu connue parmi nous.

M. Przewoski, qui possède le russe à merveille, lit ces journaux depuis quelques mois et a déjà enrichi notre chronique de notes intéressantes.

La Russie est un pays où les ingénieurs sont instruits dans les mêmes méthodes que nous-mêmes, et, en raison des sentiments d'amitié qui nous unissent à nos collègues de Russie, je vous demande votre bienveillante attention pour la communication de M. Przewoski.

M. Przewoski rend compte des travaux de fondation à l'air comprimé d'un pont en fer sur le Niémen, faits par les ingénieurs de l'État russe. Cette traduction sera imprimée dans le Bulletin mensuel.

M. le Président remercie M. Przewoski d'avoir pris la peine de faire cette traduction pour nous. Nous en profiterons pour envoyer l'expression de notre sympathique confraternité à nos collègues de Russie, qui veulent bien nous communiquer leurs travaux.

Nous avons reçu une lettre de M. Richeski demandant des renseignements sur l'efficacité du procédé de MM. Bower et Barff pour rendre inoxydables les objets en fer et en fonte.

S'il était au pouvoir de quelqu'un de vous de donner ce renseignement à notre collègue, il n'aurait qu'à le communiquer à M. Husquin de Rhéville.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion du rapport de M. Pradon, député, fait au nom de la commission de la Chambre des députés *sur le réseau Métropolitain.*

Les orateurs inscrits sont : MM. Hauet, Nordling, Garnier et Moreau.

M. Hauet a la parole.

M. A. Hauet. — Dans la dernière séance, M. Boudenoot a baptisé, après l'avoir suffisamment malmenée, la « dernière métamorphose du projet ministériel ». Est-ce bien la dernière?

Je m'en tiendrai aujourd'hui à l'examen des documents annexés au projet.

Quel que soit le projet qu'on exécutera, il est, je crois, un point sur lequel tout le monde sera d'accord : c'est que l'œuvre à accomplir devra réunir tous les progrès réalisés à l'heure présente en France et à l'étranger, tant dans l'industrie des chemins de fer que dans l'art de la construction et de la mécanique, en laissant la place libre pour

toutes les innovations heureuses qu'on pressent dans un avenir rapproché.

Il paraît donc indispensable qu'une entreprise qui n'a pas de précédent comparable, pas même celui du Métropolitain de Londres, soit régie par des contrats libellés sur un mode nouveau, avec des formules qui n'ont pas pu encore avoir leur application.

En est-il ainsi de la convention et du cahier des charges, et de leurs nombreux avenants et appendices qui marquent la hâte, mais en même temps le soin qui a présidé à leur enfantement ? Je vais vous en faire juge.

Le volume parlementaire nous donne :

Le projet de loi,

La convention,

Le cahier des charges,

Les délibérations du Conseil municipal, dont je ne parlerai pas, parce que cela m'entraînerait trop loin et me ferait sortir du sujet que je me suis imposé,

Les traités avec les grandes Compagnies de chemins de fer ayant à Paris leur point d'arrivée.

De ces derniers traités je dirai peu de chose, parce qu'ils me paraissent être ce qu'ils doivent être. Les conseils des Compagnies ont pour devoir: de soutenir les intérêts des actionnaires, de répondre au désir du Pouvoir, de satisfaire aux besoins de leur clientèle. Les traités remplissent ces trois conditions essentielles.

On peut s'étonner qu'à ces documents n'en soient pas joints d'autres dont on ne parle même pas. Ces documents, s'ils existent, comme on ne saurait en douter, élucident vraisemblablement les objections que je vais présenter.

Le Comité consultatif des chemins de fer, qui compte dans son sein plusieurs membres autorisés de notre Société, a dû être consulté, puisque, aux termes du décret qui l'a réorganisé en 1880, « il délibère sur les » questions relatives à l'établissement des chemins de fer d'intérêt général, » d'intérêt local et même des tramways ». Son avis serait bien intéressant à connaître, d'autant plus que ce corps d'hommes d'élite, et d'origines diverses, ne se trouve pas, comme le Conseil général des Ponts et Chaussées, tenu à une réserve hiérarchique.

Le projet des Statuts de la Société anonyme, sur lesquels le Comité du contentieux du Ministère a eu probablement à donner son avis avant que le Conseil d'État ait été appelé à en délibérer, ne se trouve pas non plus dans les pièces à l'appui du projet. Il ne serait pas puéril cependant de voir comment les Statuts mettent d'accord la loi de 1867 avec l'intrusion, dans le Conseil d'administration de la Compagnie, de deux administrateurs nommés par le Gouvernement, et de deux élus par le Conseil municipal de Paris. Avec la législation en vigueur, l'Assemblée générale des actionnaires a seule le droit d'investir d'un mandat

régulier ces administrateurs exceptionnels après les trois premières années d'existence de la Société anonyme.

Quel sera le rôle de la Compagnie concessionnaire pendant les deux périodes de construction et d'exploitation du Métropolitain ? C'est ce que nous font connaître le cahier des charges et la convention.

L'État concède le Métropolitain à un de ses hauts fonctionnaires, M. Christophle, agissant en son nom personnel, à charge par lui, non point d'organiser une institution d'État, je vous prie de le remarquer, mais de constituer, dans un délai très court, une Société anonyme qui émettra publiquement pour 65 millions d'actions au pair et pour 155 millions d'obligations d'un type à créer.

La Compagnie mettra, dit l'article 5, à la disposition de l'État pour les travaux d'infra et de superstructure tous les fonds nécessaires quand le Ministre les lui demandera.

La Compagnie ne fera pas les expropriations de terrains, l'État y procédera au nom de la Compagnie.

Donc, pendant tout le temps de la construction, la Compagnie sera purement et simplement le banquier de l'État, qui fera traite sur elle aux dates qui lui plairont.

La Compagnie aura-t-elle au moins un droit de contrôle de l'emploi de son argent ? Non ; « elle sera entendue sur les projets d'ensemble, » dit l'article 5 du cahier des charges dans l'avenant du 3 janvier, paragraphe G.

C'est donc l'État, c'est-à-dire le Ministre des travaux publics et son personnel qui seuls projetteront les travaux et seuls les feront exécuter, en dehors de l'ingérence de la Compagnie, qui, je le répète, ne sera pendant la construction qu'une maison de banque n'ayant d'autre mission que de demander de l'argent au public. On se rend peu compte, dès lors, de ce qu'auront à faire dans cette occurrence les deux administrateurs du Gouvernement et les administrateurs du Conseil municipal.

Il restera, il est vrai, à la Compagnie, la tâche hypothétique de faire construire son matériel de traction et de transport, et le soin de préparer son exploitation.

Mais ce matériel dépend des conditions d'établissement des voies, et l'établissement des voies est fonction lui-même de la vitesse et de la composition des trains. En réponse à une question de M. Waddington sur ce sujet, M. le représentant du Ministre dit :

« Entre deux stations distantes de 500 mètres, c'est la moyenne, le trajet, » arrêt compris, se fera en deux ou trois minutes. La Compagnie réglera » d'ailleurs la marche des trains d'après les besoins du service. »

Cette locution « les besoins du service » est un facteur bien indéfini; — d'après cette réponse, la vitesse serait donc d'environ 15 kil. à l'heure. Or, les courbes ont 150 mètres de rayon, le surélèvement du rail extérieur avec un rayon si faible sera assez accentué, même avec cette vitesse; mais, si la vitesse est notablement accrue pour certains trains prévus, le

surélèvement deviendra insuffisant ; car, il ne pourra pas être question de ralentissement à la traversée de gares aussi rapprochées.

Je sais bien qu'à une objection faite par M. le député Montaut, au sujet du passage des trains des Compagnies, M. le délégué du Ministre a répondu :

« Les Ingénieurs des Compagnies ont examiné la question et, après avoir étudié le tracé et les profils, ils ont déclaré qu'ils feraient passer des trains de douze voitures. »

M. Montaut n'a pas insisté, j'aurais mauvaise grâce à être plus exigeant que lui.

Je ne saurais cependant me dispenser de placer ici une observation.

A New-York, les trains se succèdent à 300 mètres d'intervalle, les arrêts ne sont que de quelques secondes, 20 au maximum. Les machines ne donnent ni fumée, ni cendres, ni bruit. La vitesse est de 20 et de 30 kilomètres à l'heure (1).

Il y a des trains tous les 3/4 de minute le matin ;

Toutes les 3 minutes dans la journée et les 5 minutes dans la nuit.

Il y a un prix unique.

Une boîte à parois de verre reçoit les billets de voyageurs à la sortie.

Les voyageurs ne peuvent pas traverser les voies.

Je tire ces renseignements des *Notes de voyage aux Etats-Unis*, par M. Rœderer, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sous-chef d'exploitation de la Compagnie P.-L.-M.

Pourquoi ne pas prendre quelques-unes de ces bonnes choses pour en faire l'objet des obligations de la Compagnie ?

Le cahier des charges ne dit pas à quelle heure commencera le service, ni à quelle heure il se terminera. Les omnibus, à Paris, marchent jusqu'à minuit. La Compagnie aura-t-elle intérêt à faire fonctionner son service si tard ? Et pourra-t-on l'y obliger si son intérêt s'y oppose ?

Mais, si le cahier des charges ne contient point certaines obligations qu'on a le droit de considérer comme essentielles et qui ne sauraient trouver leur place dans un règlement d'administration publique, par contre, il renferme des clauses qui peuvent paraître peu utiles ou même contestables. Je vais en passer quelques-unes en revue.

L'article 3 porte qu'il sera établi des fossés ou rigoles le long du chemin de fer pour son asséchement et que l'administration en déterminera les dimensions. Cette clause est de tradition dans les chemins de fer ordinaires et on n'a pas à s'occuper de l'évacuation des eaux, parce que l'assiette de la ligne rencontre toujours des points bas par où l'eau s'écoule naturellement ; mais ici, où iront-elles ? Sur plus d'un point, dans les égouts, probablement ; mais alors, cette communication in-

(1) Dans le numéro du 22 mai 1887 des *Annales industrielles*, M. Bandérali dit que ces machines ont « tous les organes constitutifs de locomotives ordinaires », et il donne les dessins des appareils permettant d'obtenir les bons résultats signalés.

time de deux souterrains d'un usage si différent sera-t-elle sans inconvénients? Et, au point bas sous la Seine, là où viendront s'accumuler les eaux d'infiltration des deux rives, cette relation sera-t-elle praticable et les moyens mécaniques ne seront-ils pas nécessaires, comme à la Mersey (1)? Assurément, l'administration supérieure est d'ores et déjà parfaitement fixée sur ces questions, mais comme il serait grandement intéressant de connaître la solution adoptée en principe, et, dans tous les cas, de l'indiquer en termes généraux dans cet article !

L'article 7 fixe à $4^{m},30$ sous poutre, comme d'habitude, la hauteur des ouvrages sur les rues, l'administration restant libre d'en déterminer la largeur, ce qui est un peu de l'arbitraire. La hauteur de $4^{m},30$ est-elle suffisante dans Paris, où les voitures de toutes sortes, lourdement chargées, sont plus hautes qu'en province et où les rues sont chaque jour sillonnées de chargements pour l'extérieur, destinés à passer en wagons sous des ponts supérieurs de $4^{m},80$ de hauteur *au moins*?

Quant à l'ouverture, ne vaudrait-il pas mieux rentrer de suite dans le droit commun, et dire que les culées seront implantées, conformément aux indications du plan d'alignements de la Ville?

L'article 12 porte que les ponts seront construits en maçonnerie, en fonte, en fer ou en acier. En raison des progrès de la métallurgie, il n'y aurait pas eu d'inconvénient, sans doute, à dire simplement : en métal, et à ajouter qu'ils devront toujours avoir au moins un semblant de cachet artistique, puisqu'il s'agit de Paris; car, on peut bien l'avouer, il y a sur nos chemins de fer des ponts très bien conçus, au point de vue de la stabilité et de l'économie, mais qui sont quelquefois, malgré cela, d'une laideur sur laquelle je n'insisterai pas.

L'article 13, relatif à la constitution de la voie, ne donne que le poids des rails : 40 kil. le mètre en acier, sans mentionner, ni le mode, ni l'espacement des appuis qu'on trouve à l'état de simple renseignement dans le mémoire descriptif justifiant un prix discutable du mètre courant de voie. Le rail, d'après ce document, sera à section dite : *tête de taureau*, « qui permet, paraît-il, de compter sur une du» rée supérieure de 60 0/0 à celle du rail à patin de même poids ». Si cette assertion est fondée, bien que la justification donnée ne soit peut-être pas très concluante, pourquoi n'en pas faire une obligation, ainsi que de la longueur fixée à 8 mètres, et qui pourrait assurément être augmentée avec avantage, au point de vue de l'entretien?

M. Coüard, qui a fait de si intéressants et si beaux travaux sur l'usure des rails en courbe et en déclivité, aurait pu fournir à l'administration des renseignements très utiles à ce sujet (2).

L'article 16 fixe à trois ans le délai d'exécution du réseau et sa remise à la Compagnie, mais ne dit pas quelles seraient les compensa-

(1) Voir la *Revue générale des Chemins de fer*, n° de janvier 1887.
(2) *Revue générale des Chemins de fer.*

tions accordées à la Compagnie, si ce délai était dépassé; sans être grand prophète, on peut affirmer avec une certitude quasi absolue qu'il le sera.

Les articles dont il vient d'être question constituent le titre premier du cahier des charges que l'État devra observer dans l'établissement de la ligne et dont le non-accomplissement strict pourra donner lieu, lors de la mise en exploitation, à des revendications de la part de la Compagnie concessionnaire.

L'article 18 du titre II, qui est le premier de ce titre, indique les pièces à fournir à l'administration pour les gares et stations à établir pour la mise en exploitation; on a copié le § 1° des cahiers des charges ainsi conçu :

« La Compagnie soumettra : 1° Un plan à l'échelle de 1/500 (2 mil-» limètres pour mètre), indiquant les voies, les quais, les bâtiments et » *leur distribution intérieure.* »

La distribution intérieure d'un bâtiment dessinée à 0^m, 002 par mètre ne permet aucun examen ; aussi depuis longtemps, dans la pratique, on fournit le plan général de la gare à 0^m, 001, et la distribution intérieure du bâtiment à 0^m, 01 comme son élévation.

Pourquoi ne pas mettre cette clause d'accord avec l'usage?

L'article 19 est fait pour étonner :

« La Compagnie pourra prendre copie de tous les plans, nivelle-» ments et devis qui pourraient avoir été antérieurement dressés aux » frais de l'État. »

De quels papiers utiles peut-il être question?

Des projets exécutés? Non, puisqu'ils auront été dressés aux frais de la Compagnie; et cependant ce sont les seuls dont elle aura besoin, non seulement pour l'entretien et ses réparations de la ligne, mais pour préparer son matériel et son exploitation.

On ne voit nulle part, ni à quelle époque, ni sous quelle forme ces documents importants et indispensables lui seront remis.

Titre III : « Entretien et Exploitation. »

« Art. 30. — La Compagnie sera tenue de commencer l'exploitation » de chaque ligne à la date qui sera fixée par le Ministre. » Cette exploitation par tronçons pourra nécessiter des installations provisoires qui deviendront inutiles ensuite ; à quel compte figurera la dépense?

L'article 33 est la copie écourtée de l'ancien article relatif au gardiennage des passages à niveau ; il pourrait être supprimé dans la circonstance.

Je lis l'article 34 et je vois : « Les machines locomotives seront » construites sur les modèles admis par l'administration. Elles devront » consumer leur fumée. » M. Regnard nous a fait remarquer que cela était dans les cahiers des charges d'il y a déjà quarante ans. Si j'ai gardé bon souvenir de mes lectures, on pensait alors que cette fumée

dans les champs était une des causes principales de la maladie des pommes de terre. On s'explique qu'on n'ait pas tenu la main à l'exécution de cette clause.

« Ces machines devront satisfaire, en outre, à toutes les conditions » spéciales *prescrites ou à prescrire par l'administration.* »

Ces conditions spéciales, si on les connaît, pourquoi ne pas les indiquer? Et si on ne les connaît pas, est-ce que le « à prescrire » peut constituer une obligation réelle? Et remarquons que rien n'indique quel sera ce matériel, ni sa puissance; et cependant, ce matériel qu'on ne connaît pas, on l'évalue par analogie à 300,000 fr. par kilomètre. Il est vrai que l'article 34 dit que les voitures seront faites sur « les meilleurs modèles ». Qu'est-ce que les meilleurs modèles? Est-ce qu'une voiture bien conçue, destinée à conduire le voyageur de Paris à Marseille ou au Havre, doit remplir les mêmes conditions qu'un véhicule assurant le transport de voyageurs qui monteront et descendront rapidement à 3 minutes d'intervalle? Je ne veux, pour preuve, m'arrêter qu'à un détail infime :

La portière d'un wagon à grande distance ne doit pas s'ouvrir de l'intérieur, à cause des enfants. Au contraire, dans le cas qui nous occupe, le wagon doit s'ouvrir de l'intérieur, pour qu'on n'ait pas à baisser et relever la glace toutes les deux minutes.

Un paragraphe de l'article 34 s'intéresse aux dames seules, qui cependant voyagent avec les messieurs en omnibus; mais les fumeurs, qui sont pourtant bien désagréables quelquefois en chemin de fer, ne sont soumis à aucune exigence.

L'administration a de ces condescendances qui ne cessent de surprendre. Elle demande, pour le travail le plus simple, un projet complet avec plans, coupes, élévations, et pour des machines et des voitures qui devront être d'un type spécial à étudier et discuter, elle dit simplement : « On les fera du meilleur modèle. »

Les voitures seront éclairées jour et nuit. Le jour, ne vaudrait-il pas mieux éclairer les souterrains?

Je sais bien que des ingénieurs très compétents disent que ce n'est pas pratique.

D'autres, non moins compétents, prétendent la chose possible.

Je n'ose me prononcer; mais je ferai remarquer que les gares souterraines seront éclairées; qu'elles sont espacées de 500 mètres en moyenne, dans lesquels 500 mètres sont par conséquent compris 100 mètres de quais éclairés. Il ne reste donc que 400 mètres dans l'obscurité. Est-ce que le gaz, sur ces 400 mètres, ne pourrait pas remplacer en partie les lanternes des voitures? Il faciliterait, dans tous les cas, l'entretien et la surveillance de la voie, et assurerait la sécurité des agents qui en sont chargés et, par suite, celle des voyageurs.

Le titre IV traite de la durée, du rachat et de la déchéance de la concession.

La concession expirera le 31 décembre 1984.

Or, celle de la Compagnie du Nord prend fin en 1950;

Celle de l'Est en 1954;

Celles de l'Orléans et de l'Ouest en 1956.

De sorte qu'à la date de 1956, alors que l'État sera en possession de l'ensemble des réseaux du territoire, c'est une Compagnie particulière qui sera, pour trente ans encore, maîtresse du « nœud des chemins de fer français ».

Il est vrai que l'article 41 donne la faculté « au Gouvernement de » racheter la concession entière du chemin de fer *à toute époque* ».

Ici encore je trouve à reprendre. Ce « *à toute époque* » implique-t-il le droit de rachat avant même la mise en exploitation? On me répondra : Évidemment non. Mais encore faudrait-il le dire; car il s'est trouvé des corps élus qui ont émis la prétention de racheter une concession, même avant l'exécution des travaux.

L'article 42 nous retiendra un instant. Il a rapport à la déchéance de la Compagnie, et il a été commenté par M. le rapporteur Pradon avec l'approbation de la Commission.

Lorsqu'à l'origine des chemins de fer on concédait pour de courtes durées, voire 25 ans seulement, on était encore dans la période de création; cette menace de la déchéance avait assurément sa raison d'être. Mais aujourd'hui, elle est surannée et injuste.

Dans tous les cas, je n'hésite point à dire que pour le Métropolitain, dans les conditions où il est concédé, elle serait inapplicable.

Le Rapporteur dit, page 151, qu'en cas d'inexécution des engagements contractés par la Compagnie, la déchéance devrait être prononcée contre elle avec la dernière rigueur.

Pour être logique, la Commission aurait dû demander que cet avertissement comminatoire fût imprimé en gros caractères en tête des affiches qui feront appel au public.

Analysons-le; nous jugerons ensuite s'il a la portée qu'on pourrait lui prêter d'après son apparente solennité.

Tout d'abord faisons humblement remarquer à M. le Rapporteur que ce n'est pas la Compagnie qui emploiera son argent, c'est l'État qui emploiera l'argent de la Compagnie. Ensuite, est-ce que les obligataires, eux aussi, ne sont pas des contribuables et, contrairement à l'opinion de la Commission, ne sont-ils pas les contribuables les plus intéressants? Ils sont l'image vraie de la France travailleuse, économe, qui croit en son Gouvernement, qui le respecte, qui porte son argent là où elle voit l'estampille gouvernementale, parce qu'elle se dit que ceux qu'elle met à sa tête, non pour la servir, comme on le dit avec plus d'emphase que de raison, mais pour gérer en bons pères de famille le domaine national, parce que, dis-je, elle pense que ses gouvernants sont les gardiens, non

seulement de la fortune, mais encore et surtout de la moralité publique. Et c'est à ces gens-là qu'on pourrait venir dire un jour : Votre argent est perdu, tant pis pour vous ! nous vous avions prévenus dans un volume distribué à six cents exemplaires, à vos députés ! Non, la conscience publique se révolterait.

Jugeons : La Compagnie ne connaîtra de sa situation financière que l'argent qu'elle aura dépensé sans savoir jamais exactement, avant la fin, ni à quoi il aura servi ni ce qui lui restera à fournir, puisque les Ingénieurs seront exclusivement sous la dépendance du Ministre. Certes, ces Ingénieurs seront choisis parmi les plus capables, parmi ceux que l'expérience de travaux analogues désignera naturellement à la confiance du Ministre, et leur choix, nous pouvons le croire, dépendra bien plus des renseignements que donnera le Conseil des Ponts et Chaussées que de l'influence, si légitime qu'elle puisse être, des hommes politiques. Mais, est-ce que ces Ingénieurs, capables, expérimentés, si avares qu'ils soient des deniers dont ils auront l'emploi, sont les maîtres de ne dépenser dans un travail aussi considérable que les sommes déterminées par un avant-projet sommaire, si bien fait qu'il soit, alors qu'avec un personnel nombreux et bien au courant une estimation détaillée demandera beaucoup de temps et laissera encore une large marge à l'imprévu quoi qu'on fasse, parce qu'avec des travaux souterrains, dans les conditions exceptionnelles où l'on se trouve, il survient des surprises de toutes sortes auxquelles il faut parer d'urgence en dehors des règles administratives ordinaires. On n'attend pas pour soutenir une maison qui s'écroule. Donc, en mettant toutes les choses au mieux, il y a de grandes chances pour que l'estimation soit dépassée, parce que les Ingénieurs voudront, non seulement faire un travail digne d'eux et qui leur fasse honneur, mais accomplir une œuvre qui fasse honneur à Paris et à la France, et on ne saurait comprendre qu'il n'en fût pas ainsi. Agir autrement serait de leur part une abdication de leur propre dignité.

Et c'est quand on aurait dépensé l'argent des obligataires dans ces conditions que le Ministre, seul réellement responsable des dépenses faites, utilement, je le répète, viendrait un jour dire aux obligataires que leurs titres sont frappés de nullité ou de discrédit ; aux obligataires, dont la seule faute aurait été d'avoir cru à des affiches signées de deux hauts fonctionnaires de l'État, de deux administrateurs gouvernementaux et de deux administrateurs municipaux ! Les tribunaux ne sanctionneraient jamais semblable iniquité.

J'ajouterai encore : Puisque l'on se met en contradiction avec la loi de 1867 et qu'il sera probablement nécessaire de recourir à un instrument législatif spécial, pourquoi n'avoir pas introduit dans le Conseil d'administration des représentants des obligataires qui posséderont les 3/4 du capital social, alors qu'on suspend sur leurs têtes ce

terrible article 42 et qu'on les rend responsables des fautes commises par les membres du pouvoir législatif et du pouvoir administratif?

A ce propos, je crois savoir que l'honorable Rapporteur, dans le projet de rapport qu'il avait fait distribuer aux membres de la Commission, s'exprimait plus explicitement que moi sur ce point.

L'article 56, copié sur les vieux cahiers des charges, interdit à la Compagnie toute entente avec des entreprises de transport. Il semble pourtant qu'une des premières préoccupations de la Compagnie devra être une entente avec les Omnibus, dont les itinéraires se modifieront et qui deviendront forcément dans certaines régions des affluents du Métropolitain.

J'aurais bien encore à rapprocher l'article 46 de l'article 64 et à parler de quelques autres, mais il faut savoir se borner. Je saute à l'article 70, qui règle le fonctionnement de l'administration de la Compagnie. Il y aura :

Un gouverneur nommé par l'État;

Un sous-gouverneur également nommé par l'État ;

Huit administrateurs nommés par l'*Assemblée générale des actionnaires ;*

Deux administrateurs nommés par le Ministre des travaux publics, je comprendrais mieux par le Ministre des finances, puisqu'ils seront complètement étrangers aux travaux pendant trois ans. Passons;

Deux administrateurs élus par le Conseil municipal.

Ces quatre derniers administrateurs devront, il me semble, être nommés par les Statuts, pour la première période de trois ans, afin de satisfaire aux prescriptions de la loi de 1867; mais au bout de ces trois ans, si l'assemblée des actionnaires ne ratifie ni le choix du Gouvernement, ni celui du Conseil municipal, qu'arrivera-t-il? L'assemblée des actionnaires est souveraine, ne l'oublions pas.

Quelle sera la durée du mandat de ces administrateurs hors cadre? Concordera-t-elle avec la durée du mandat municipal ou avec celle des autres administrateurs? Mais, si le Conseil municipal vient à être dissous, le conseiller municipal conservera-t-il son mandat d'administrateur?

Ces administrateurs seront obligés de « remplir les conditions imposées aux administrateurs de la Compagnie ». Si les Statuts exigent de chaque administrateur pour 50 ou 100,000 francs d'actions dans la caisse de la Société, ce qui n'est que suffisant pour une Société si importante, voilà du coup le choix du Conseil municipal limité par un cens d'une espèce nouvelle.

Je sais bien que ces difficultés peuvent être résolues de diverses façons ; il n'aurait peut-être pas été inutile de faire connaître la meilleure, c'est-à-dire celle qui a été choisie.

Après avoir examiné certains articles qui sont dans le cahier des charges, je vais dire un mot seulement de ceux qui n'y figurent pas.

Il est question vaguement de puits d'aérage des souterrains. Le cahier des charges reproduit la clause d'il y a quarante ans, mais

ici cet aérage ne se fera pas tout seul. Ne pensez-vous pas qu'une clause à ce sujet pourrait contenir en substance que la Compagnie sera tenue d'aérer, par tels moyens agréés par l'administration, tous les souterrains de façon que l'air y soit toujours renouvelé entre le passage de deux trains de manière à ne pas contenir plus de tant pour cent de gaz délétères ?

Je crois la chose utile. En dehors des voyageurs qui ne font que passer, il y a le personnel. Or, l'administration du Métropolitain sera installée dans les sous-sols derrière l'Opéra ; il y aura donc là tout un monde de troglodytes dans un souterrain en « meulière brute » rappelant les cavernes. C'est bien le moins qu'on fournisse à ces travailleurs un peu d'air pur.

Le cas est prévu où la Compagnie voudrait se dispenser d'établir les installations nécessaires pour la formation de ses trains, le remisage et l'entretien de son matériel; mais je n'ai pas trouvé, peut-être ai-je mal cherché, où elle établirait ses installations, si elle ne se dispense pas de les faire.

J'en ai fini avec cette monotone énumération et je termine.

On s'étonne à tort, suivant moi, qu'après des discussions si nombreuses et si diverses la question ne soit pas encore résolue.

Pour arriver à un heureux aboutissement d'une pareille œuvre, il faut autre chose que le bon vouloir sans enthousiasme de ministres éphémères et d'ingénieurs politiques savants : il faut une volonté créatrice puissante ayant une foi religieuse dans une conception longuement mûrie en dehors des préoccupations électorales et avec une hauteur de vue dédaigneuse de « l'impatience » souvent irréfléchie « des milieux populaires ».

M. DE NORDLING expose qu'il est un adversaire convaincu de l'ajournement du Métropolitain et de toute solution absolue.

Il est grand partisan du Métropolitain, pour trois raisons : la première, c'est que certaines voies de communication, à certaines heures, sont tellement encombrées, dans Paris, que la circulation y est extrêmement difficile; la seconde, c'est que Paris est si grand que les distances sont trop considérables pour être franchies sans le secours d'un chemin de fer; et la troisième raison, qui se confond presque avec la seconde, c'est que nos gares de chemins de fer, et surtout celles de banlieue, sont très éloignées du centre.

M. DE NORDLING, tout en reconnaissant la transformation que les grands percements ont apportée dans la capitale, fait remarquer que les distances à parcourir sont très grandes, que l'organisation compliquée du service des omnibus, l'insuffisance des petites voitures, ne donnent pas à la circulation les facilités convenables, que la dissémination des beaux quartiers à Paris y rend les courses plus longues que dans d'autres capitales.

Après avoir développé ces considérations à l'aide de quelques exemples, M. de Nordling continue ainsi : Songez à l'industrie. Est-ce qu'elle n'a pas à lutter sans cesse contre des difficultés du même ordre, mais plus considérables. C'est ce qui me fait dire que le Métropolitain, à Paris, est même une question de concurrence, car l'industrie y supporte un octroi écrasant, et si, à l'octroi se joignent des difficultés de circulation et les pertes et faux frais qui en sont inséparables, l'industrie parisienne en subira l'atteinte tôt ou tard.

Assurément, tous les inconvénients des distances ne disparaîtront pas avec le Métropolitain, mais ils s'atténueront.

Pour que le Métropolitain apporte le remède désiré, quelles sont les conditions qu'il doit remplir? Pour moi, le caractère urbain doit dominer; pour moi, le Métropolitain a surtout pour but de faciliter la circulation des Parisiens, et pour que la circulation urbaine soit réellement facilitée, il faudrait avant tout — on l'a souvent dit — deux lignes : l'une, de l'ouest à l'est, de la Porte-Maillot à la barrière du Trône ; l'autre, de la gare du Nord à l'Observatoire.

Ce sont donc des lignes centrales, passant plus ou moins près du Palais-Royal, qu'il faudrait, tandis que les derniers projets offrent surtout des lignes périphériques. C'est ce qui m'explique pourquoi ces projets rencontrent jusqu'ici tant d'indifférence.

J'arrive aux trains de banlieue. Je crois que ces trains doivent entrer dans Paris, autant que possible sans transbordement, mais pas sans arrêt, car l'arrêt est indispensable à cause de l'octroi. Vous ne pouvez pas supprimer l'octroi à l'entrée des trains de banlieue dans Paris ; car, si vous mettiez les gardiens d'octroi aux stations métropolitaines, ils contrôleraient non seulement les voyageurs de banlieue, mais aussi ceux qui seraient montés dans le train, à une autre station métropolitaine. De toute nécessité, il faut donc que, sur le parcours de la banlieue au centre de Paris, il y ait quelque part, soit dans les gares actuelles, soit plus en arrière, un arrêt et une organisation pour la visite de l'octroi.

Quant aux trains express, il est certainement désirable qu'ils puissent entrer dans Paris, à l'instar de Berlin; mais je ne crois pas que ce soit indispensable. Il paraît, du reste, que c'est dans les prévisions de l'administration, puisque dans trois stations indiquées dans le projet : à l'Opéra, à la place de la République et à Cluny, on prévoit non seulement un service de bagages, mais encore un service complet de douane. Ce sera très apprécié, si ce service se réalise. Pour ces trains-là, qui ne s'arrêteront pas aux stations intermédiaires du Métropolitain, la visite de l'octroi pourra, comme à présent, coïncider avec la visite douanière.

Quant aux trains ordinaires, je ne crois pas qu'il y ait intérêt à les faire entrer dans Paris. Les voyageurs continueront à descendre aux

gares actuelles, sauf après en être sortis, à regagner quelque train métropolitain.

J'ouvre une parenthèse pour dire, en passant, que si l'on a parlé ici du caractère soi-disant international du Métropolitain de Vienne, cela doit provenir d'une erreur ; car le Métropolitain de Vienne est toujours à l'état de projet, absolument comme celui de Paris, et rien n'est décidé quant à son mode d'exploitation. Il y a bien, à Vienne, une ligne de jonction, qui part de la gare du Nord et traverse les faubourgs en touchant presque les nouveaux boulevards, mais elle ne porte pas le nom de Métropolitain ; c'est une ligne dont la construction remonte à 1857, et qui a pris la place d'un canal dont j'ai eu l'honneur d'entretenir la Société.

Maintenant, quels sont les moyens de réaliser les conditions que je viens d'indiquer?

Parmi ces moyens, je retrouve une formule souvent répétée. On a dit: Il faut des jonctions de rails à rails !

Tâchons de comprendre !

Cette solution, sous forme d'un simple prolongement des voies principales, existe, à ma connaissance, en deux endroits, et ce sont peut-être ces modèles mêmes qui en ont fait parler. L'un des deux cas est la gare qui sert de tête de ligne au Métropolitain de Berlin. Cette gare, dite de Francfort-sur-l'Oder, dessert les lignes qui conduisent en Russie et en Silésie. Elle ressemblait autrefois à la gare d'Orléans, c'est-à-dire que les rails arrivaient à fleur de terre, mais on les a relevés jusqu'au 1er étage de la grande halle, lors de la construction du Métropolitain sur viaduc.

Le second cas est celui de la gare du Nord, à Vienne, aussi une gare de 1er étage, où se soudent bout à bout, d'une part la ligne *unique* du Nord, et d'autre part la ligne de jonction déjà mentionnée.

Cette même solution semble pouvoir s'appliquer avantageusement à nos gares de Vincennes et de Sceaux, dont chacune ne reçoit qu'une ligne unique à deux voies.

Mais conçoit-on que la même formule puisse être appliquée à la gare Saint-Lazare, où aboutissent cinq ou six lignes différentes? Conçoit-on que par-dessus la place et la rue de la Pépinière on prolonge les voies spéciales d'Auteuil, de Versailles, de Saint-Germain, etc., reproduisant ainsi à l'envers l'immense éventail de voies recouvert par la place de l'Europe ? Il suffit de poser la question !

Si, pour la gare Saint-Lazare on ne trouve pas quelque solution imprévue, comme pour la gare du Nord dont je vous entretiendrai tout à l'heure, il faudra probablement créer à Batignolles ou à l'enceinte fortifiée une gare spéciale d'embranchement, dans le genre de celles qui existent sur la plupart des lignes aboutissant à Londres, notamment sur la ligne du Nord-Ouest, à Willesden. Les trains partis de Liverpool se coupent à Willesden en deux parties dont l'une continue

vers l'ancienne gare-terminus de Euston-Square, restée intacte, tandis que l'autre partie du train gagne par des détours les lignes métropolitaines.

L'idée d'une jonction de rails à rails n'est donc qu'une idée confuse!

Avec plus de raison on a dit que, pour le transbordement des voyageurs, il fallait éviter les escaliers. Cela est évident, et là où une différence de niveau est inévitable, il faudra, autant que possible, employer le moyen qui réussit à Liverpool, pour passer la Mersey ; on y a établi une série d'ascenseurs à 50 personnes chacun.

A présent, poursuivant l'examen des moyens à employer, j'arrive à la fameuse question du viaduc ou du souterrain.

Pour moi, je le répète, je ne suis pas ami des solutions absolues. Je crois que le voyageur, en général, préférera le viaduc ; — moi, comme tel, je le préférerais ; mais nos architectes et nos artistes ne sont pas de cet avis-là. Les architectes avec lesquels j'ai eu occasion de parler sont tous ennemis déclarés de toute espèce de viaduc dans l'intérieur de Paris. Je dois dire que l'expérience de la ligne de Vincennes ne me paraît pas absolument encourageante.

Je puis ajouter un second exemple tout à fait analogue, la ligne de jonction intérieure de Vienne dont j'ai déjà parlé tout à l'heure. Cette ligne provoque des réclamations incessantes, tant de la part du Conseil municipal que de la part des riverains et des passants. Il y a des magasins et des ateliers installés sous les voûtes, comme sous la ligne de Vincennes, mais, malgré deux rues latérales il n'y a guère de circulation le long du viaduc, qui entrave d'ailleurs plus ou moins les communications transversales. Quelquefois les chevaux se sont effrayés sous les ponts, au passage des trains. Avec plus de raison on se plaint de la fumée et du sifflet des locomotives. Par suite de cette expérience ancienne, le Conseil municipal de Vienne est opposé à la solution aérienne pour les nouvelles lignes métropolitaines qui sont en projet, et se trouve ainsi en parfaite communauté d'idées avec le Conseil municipal de Paris, au point de vue du métropolitain !

En faveur de la solution aérienne, on a aussi invoqué le *choix* fait à Berlin! Mais veuillez remarquer, Messieurs, qu'à Berlin on n'avait pas le choix, parce que les eaux de la Sprée sont pour ainsi dire à fleur de terre. Les tunnels auraient été non pas sous terre, mais sous l'eau.

A Rotterdam, la situation est analogue : la solution souterraine s'excluait d'elle-même.

A Paris, ce qui domine, c'est la question de dépense. J'ai très soigneusement et, je crois, très impartialement étudié le pour et le contre, et je vous apporte les résultats de mes recherches.

Au Centre de Paris, cela résulte des documents que j'ai consultés, le mètre carré de surface expropriée revient à 1,500 francs en moyenne.

M. Deligny. — Doublez.

M. de Nordling. — En ce cas, mes conclusions s'appliqueront *a fortiori*.

Pour un viaduc à 2 voies seulement, il faut 8 mètres de largeur; puis, de chaque côté du viaduc, une rue qui ne saurait avoir moins de 11 mètres de largeur. C'est donc 30 mètres au moins de largeur totale qu'il faut; à 1.500 francs le mètre carré, cela fait 45 millions par kilomètre, rien que d'acquisition de terrain! Quant à la dépense des travaux, elle variera naturellement suivant les endroits. Mais, en général, les viaducs devront être plus ornés et plus soignés qu'ailleurs, et les souterrains rencontreront la sujétion des égouts, des conduites, de la circulation publique. Je crois donc qu'on ne sera pas éloigné de la vérité en estimant le mètre courant de tunnel et de viaduc au même prix. Donc, en mettant les souterrains sous les larges voies existantes, et en profitant ainsi des sacrifices faits pour le percement de celles-ci, il faudra compter pour le viaduc une différence en plus de 45 millions par kilomètre, représentant le prix des acquisitions de terrains!

En revanche, il est vrai, on aura le loyer des boutiques du viaduc! — Mais, Messieurs, le terrain que vous consacrez au viaduc et dont vous tirez un maigre loyer, ce même terrain peut être laissé avec avantage aux propriétaires, car une maison rapporte plus qu'une boutique.

D'ailleurs, l'une des deux rues latérales au viaduc est à peu près du terrain perdu.

Vous me direz que ma démonstration est un peu abstraite. Prenons, si vous voulez, les chiffres concrets. Chose assez curieuse! les chiffres de la dépense kilométrique ne sont établis dans aucun des documents que j'ai consultés; mais, dans le rapport si complet de M. Pradon, on trouve, pour chaque ligne, sa longueur exacte et son prix total; il suffit donc d'une simple division pour arriver aux prix kilométriques.

Les voici :

Estimation du réseau du Gouvernement et de la Commission :

	Longueur	Dép. tot.	Prix kil.
A. Ligne circulaire.	19.465	88.368.000	4.540.000
B. Gare Stras., pl. de Rennes.	6.985	33.936.000	4.850.000
C. Opéra, gare du Nord. . . .	2.510	21.280.000	8.510.000
E. Av. Villiers, pl. Républ.	5.550	70.560.000	12.710.000
	34.510	214.144.000	
F. Porte-Maillot, Étoile. . .	1.310	5.376.000	4.100.000
	35.820	219.520.000	6.130.000

Le prix moyen du kilomètre ressort donc en nombre rond à 6 millions.

Quoi! s'est écrié M. Boudenoot, 6 millions!

A la rigueur, ce chiffre peut passer pour l'avant-projet! Mais, avec l'avant-projet, ce n'est pas fini; il y a encore le projet de détail.

Or, le projet de détail vous apportera une augmentation de 25 0/0. Cela fait 7 millions et demi; M. Boudenoot prend 8 millions. « Mais, après le projet de détail, il y aura l'exécution et les règlements de compte; de ce chef il y aura, au bas mot, encore 20 0/0 d'augmentation. » Cela fait 9,600,000 francs; M. Boudenoot prend 10 millions, et il ajoute : *comme à Londres*. Je n'admets pas, pour ma part, l'analogie entre Londres et Paris, parce que Paris est autrement bien percé que Londres.

Mais pourquoi les formidables majorations que je viens de rappeler? Quelles sont les raisons données pour les justifier? La principale raison, c'est que les courbes seraient trop raides et les pentes trop fortes pour que la ligne n'ait pas besoin d'être reconstruite.

Ah! Messieurs, si vous supposez que les lignes devront être reconstruites, je crois que l'augmentation serait encore infiniment plus forte que celle indiquée. Mais ce n'est pas là ce qu'on appelle ordinairement une erreur d'estimation. L'argument invoqué justifierait le rejet du projet présenté comme mauvais, mais non la critique de l'estimation. Si l'on ne m'en donne pas une raison plus plausible que celle-là, je dirai que cette majoration de la dépense n'est qu'une présomption. Or, à une présomption, il est permis d'en opposer une autre.

On vous a parlé tout à l'heure des singularités des combinaisons financières proposées. Elles sont de telle nature, a-t-on dit, que, si les devis sont dépassés, le revenu des actionnaires se trouve réduit ou même annulé. Je ne peux pas croire qu'un homme aussi considérable que celui qui a signé la convention, ait voulu sciemment exposer ses actionnaires à une déconvenue semblable, et je suis porté à croire qu'après s'être soigneusement renseigné sur l'estimation, il aura acquis la conviction que l'estimation de 6 millions par kilomètre est tellement large, qu'il n'y a pas de chance d'augmentation, mais chance de diminution.

Voilà donc l'estimation du projet dit souterrain! Tâchons maintenant de savoir à combien est estimée la solution aérienne. Ce n'est pas très facile, car, je le répète, les chiffres kilométriques sont généralement passés sous silence. Voici cependant ce que j'ai trouvé.

M. Boudenoot, d'après le compte rendu de la dernière séance, dit que l'on peut établir 63 kilomètres, au prix moyen de 9,200,000 fr. le kilomètre, ou à peu près 10 millions. Ce chiffre, j'ai à peine besoin de le signaler, est une moyenne entre les lignes chères et les lignes faciles. Les lignes chères, ce sont naturellement celles qui traversent le centre de la ville; mais elles n'ont qu'environ 10 kilomètres de longueur.

Si, à ces 10 kilomètres de lignes réellement urbaines, vous ajoutez 50 kilomètres de lignes à l'extérieur, le prix moyen va se réduire de plus en plus, et les deux prix — de la solution aérienne et de la solution souterraine — finiront par se confondre. Ce prix de 10 millions n'est pas le prix d'une ligne proprement métropolitaine, c'est le prix moyen d'un vaste réseau ; car, pour arriver à 63 kilomètres, il faut construire bien des lignes dans l'enceinte des fortifications.

Dans la communication très intéressante que M. Haag vous a faite en décembre 1884, je trouve une dépense totale de 540 millions, prix d'estimation. Et puis, quelques pages plus loin, où l'auteur calcule les frais d'exploitation, il est question de la longueur d'exploitation. Cette longueur n'est portée qu'à 7 kilomètres ! Messieurs, 540 millions divisés par 7, feraient 77 millions par kilomètre.

La déposition faite par M. Haag devant la Commission donne, pour les frais de construction, des chiffres plus récents. J'y lis :

Artère principale : Expropriations	322	362	millions.
— Travaux	40		
Lignes de la rive gauche		46	—
Total		408	millions.

Quant à la longueur de ces lignes, elle n'est pas indiquée ; j'ai dû y suppléer par une mesure sur la carte. Sauf erreur ou omission, voici ce que j'ai trouvé :

Ligne centrale	5km.700
Raccordement avec le Nord	1 .200
— — Vincennes	1 .100
— — Orléans	1km.900
Total	9 .900

soit 10 kilomètres. 362 millions divisés par 10, cela donne 36 millions par kilomètre. Tout à l'heure j'avais 77 millions ! Ces variations considérables s'expliquent sans doute par l'adjonction d'une longueur plus ou moins considérable de lignes excentriques ou de raccordement ; mais, de toute façon, nous sommes bien loin des 6 millions du projet souterrain. Si je me suis trompé, les partisans de la solution aérienne voudront bien, sans doute, nous détailler leurs chiffres.

Devant cette question capitale de la dépense, pour moi, toutes les considérations accessoires disparaissent.

On a objecté les difficultés de l'aérage des tunnels. Mais, dans le cas aérien, on aura la fumée extérieure, dont on se plaint à Vienne. La difficulté de l'aérage sera-t-elle donc insoluble ? Je ne le crois pas ; on fera comme on pourra, selon la localité. Qu'est-ce qui empêchera, par exemple, dans nos grandes artères (boulevards ou avenues), où l'on a établi des refuges pour les piétons, de placer sur ces

refuges des cheminées de ventilation suffisamment ornées et servant soit de colonnes d'affiches, soit de candélabres? D'un autre côté, ne peut-on installer, sur certains points, des ventilateurs sur les terrains riverains? Ce qu'il y a de certain, c'est que personne n'est encore étouffé sur le Métropolitain de Londres; pour ma part, je ne m'y suis pas même senti incommodé. Et si cela devait arriver à certains jours, à certains états de l'atmosphère, les personnes faibles de poitrine n'auraient qu'à s'abstenir ces jours-là. Il y a aussi des jours de pluie et de bise, où l'on évite les voitures découvertes et les impériales des tramways. Le climat de Paris est d'ailleurs plus favorable, au point de vue de la ventilation, que celui de Londres.

On a dit que les recettes seraient moindres pour le souterrain, et que les dames n'y descendraient jamais. J'ai vu descendre des dames très élégantes et voyager en souterrain, par pure curiosité, sur des wagons découverts, savez-vous où? Sous le boulevard Malesherbes, dans le grand égout collecteur.

A l'origine des chemins de fer, Messieurs, — c'est un privilège des vieux d'avoir ces souvenirs, — que de fois n'ai-je pas entendu dire, dans les pays encore vierges de chemins de fer: « Nous ne nous en servirons pas, nous n'y monterons jamais! » Donc, quand on entend dire aujourd'hui: « Je ne me servirai pas d'un Métropolitain souterrain, » il ne faut pas s'en inquiéter. Voyez donc Londres! Est-ce que là tout le monde ne s'en sert pas?

Tout dépend de la facilité d'accès des stations. S'il ne faut descendre ou monter que de 5, ou 6, ou 7 mètres, on s'en accommodera; mais si c'est 12 ou 15 mètres, c'est-à-dire la hauteur de 3 ou 4 étages, cela — assurément — changera la question. L'important est donc d'avoir des tracés commodes et accessibles.

Arrivons à cette question capitale des tracés!

Tracé du Gouvernement

Vous voyez ici sur cette carte, que M. le Président a eu la bonté de faire exécuter à ma demande (voir les planches), vous voyez en rouge *le réseau* de la Commission ou, si vous aimez mieux, *de la résignation*.

A Ligne circulaire, longueur.	19,645	mètres
B De la gare de Strasbourg à celle de Montparnasse.	6,985	—
C De l'Opéra à la gare du Nord	2,510	—
E Avenue de Villiers à la place de la République . .	5,550	—
F Porte Maillot à la place de l'Etoile.	1,310	—
Ensemble.	35,820	mètres

Pour les 4 premières lignes, l'estimation s'élève à 214,144,000 francs; pour la dernière à 5,376,000 francs, et pour tout le réseau à 219,520,000, soit 220 millions de francs.

J'arrive aux critiques que je me permets de faire à ce réseau.

La première concerne la ligne circulaire. Cette ligne a 19 kilomètres et demi de longueur, tandis que la ceinture existante en a 31. Je trouve que ces deux lignes sont trop rapprochées, et que la nouvelle ceinture est encore bien excentrique. A Londres, il est vrai, le cercle intérieur a 21 kilomètres ; mais, à Londres, le cercle intérieur forme une ellipse plus allongée, dont le petit diamètre n'a que 3 kilomètres de longueur, tandis que, dans le cas qui nous occupe, il a encore 5 kilomètres. Vous voyez combien on reste loin du centre ! Cependant, je suis obligé de le reconnaître, il y a là une disposition naturelle, une tentation à laquelle on ne peut guère résister : les larges boulevards extérieurs. Je suis donc prêt à passer condamnation et même à applaudir, pourvu que, entre le boulevard Montparnasse et la gare d'Orléans, au lieu de passer à la place d'Italie, on cherche à passer par le boulevard Saint-Marcel, ce qui raccourcirait le parcours de 1 kilomètre.

Une critique plus sérieuse concerne la ligne E, de l'avenue de Villiers à la place de la République, ligne qui coupe à angle droit la ligne B, de la gare de Strasbourg à celle de Montparnasse. A leur point d'intersection, ces deux lignes ne sont pas au même niveau, mais passent l'une au-dessus de l'autre. Comme on ne peut pas, même avec le rayon de 150 mètres, faire des raccordements en ce point, on y a renoncé. Il en résulte que les trains de la ligne E ne peuvent passer sur la ligne B en formant un circuit, et qu'un voyageur, qui veut se rendre de l'Opéra à la gare de Montparnasse ou de Sceaux, sera obligé de quitter son train à $11^m 70$ sous terre, et d'en reprendre un autre à $5^m 70$ sous terre.

Un autre point qui ne me plaît pas, c'est le double passage souterrain sous la Seine.

Dans le rapport de M. Pradon, on lit que l'étude en *est réservée*. Qu'est-ce à dire ? Le passage de la Seine peut être considéré comme la clef de voûte de tout le réseau métropolitain parisien, car si à Londres le Métropolitain est concentré sur une seule rive, il ne saurait en être de même à Paris, qui est autrement assis sur son fleuve. J'avoue que je suis effrayé de la pensée que tout le système proposé, qui doit coûter quelques centaines de millions, repose sur une étude provisoire dont l'exécution, par suite d'incidents dans le genre de ceux qui se sont produits sous la Tamise et sous l'Hudson, peut subir des retards incalculables, et qui, si elle réussit, ne sera jamais bien satisfaisante.

Voyez, en effet, à quels niveaux il faut descendre. La station de la tour Saint-Jacques est à $11^m,70$, celle de la place Dauphine à $15^m,80$, celle (à bagages) de Cluny à $11^m,20$ sous terre, jusqu'au niveau du plancher des voitures.

Le tunnel sous la Seine serait d'ailleurs le premier exécuté sans une

contrainte absolue, c'est-à-dire dans un emplacement où un pont n'était pas exclu *a priori*.

Comme conséquence regrettable du passage sous la Seine, il y a encore la grande boucle du Luxembourg, mais comme cette boucle fait partie d'une ligne purement éventuelle, je n'insiste pas.

Un autre reproche à faire au projet, c'est que les lignes proprement métropolitaines sont trop condensées vers le nord-est de la Ville. Presque tout est là, et peu au-dessous. Vous avez une ligne qui va de l'Opéra à la gare du Nord; elle a 2 kilomètres de longueur et doit coûter 21 millions. Est-elle bien motivée? Je veux bien qu'on la fasse plus tard; mais, pour le moment, je remarque que de la gare du Nord à l'Opéra par le boulevard de Courcelles ou par la place de la République il n'y a que 4 kilomètres au lieu de 2, et il me semble que ce détour de 2 kilomètres ne vaut pas 21 millions, tant que d'autres et de plus vastes quartiers restent tout à fait à l'écart.

Et puis, voici autour du boulevard Saint-Martin un petit triangle formé par l'intersection des lignes A, B et E, triangle dont la base n'a qu'un kilomètre de longueur et la hauteur 700 mètres!

La dernière critique que je me permets concerne l'écartement des stations qui est de 500 mètres en moyenne. C'est bien peu! Je crains fort que, dans ces conditions, le Métropolitain ne rappelle par trop les tramways avec leur faible vitesse.

Sur les chemins de fer ordinaires, quand certaines stations n'ont pas d'importance, une partie des trains les *brûle;* mais les trains métropolitains doivent être trop rapprochés pour en faire autant. Sauf de rares exceptions, tous les trains métropolitains auront forcément la même vitesse.

Le rapport estime le rayon d'action de chaque station à 500 mètres. En ce cas, on devrait, rationnellement, les espacer d'un kilomètre. A Berlin, leur espacement moyen est de 1,500 mètres.

Voilà, Messieurs, mes critiques! En les produisant, je n'oublie pas que *la critique est aisée* et que *l'art est difficile;* mais d'autres sont encore allés plus loin.

Ainsi, ils critiquent les courbes, le rayon minimum de 150 mètres. Messieurs, à Londres, il y a des courbes de 160 mètres, la différence n'est pas grande. Ensuite, n'oublions pas qu'en France nous sommes restés, en fait de rayons, un peu difficiles. Tout le monde connaît la fameuse ligne autrichienne du Semmering, qui va de Vienne à Trieste, et qui est sans contredit l'une des grandes artères internationales de l'Europe. Eh bien! cette ligne a des courbes de 189 mètres, et cependant la plupart des wagons des différentes nations y passent et aussi les trains express sans trop ralentir leur vitesse.

On a critiqué également les déclivités.

Sans doute, il serait désirable de réduire celles de 25 $^{m}/_{m}$. Mais

n'oublions pas qu'en Autriche la déclivité de 25 millimètres est presque courante ; que sur l'Arlberg et à la traversée du Cantal on a 30. et sur la ligne de Toulouse à Bayonne, 33 millimètres.

Au Métropolitain, il ne s'agit pas, d'ailleurs, de trains de marchandises, de trains lourds, ni de manœuvres de wagons ; il s'agit de trains légers, composés une fois pour toutes.

Un dernier reproche qu'on a formulé, et qui serait très grave s'il était fondé ! On a dit ou donné à entendre, que le projet qui nous occupe avait été rédigé avec une grande légèreté.

Comme il n'est pas croyable que le ministre l'ait tracé de sa main, il faut bien admettre que le corps des Ponts et Chaussées y ait au moins collaboré. Or, ce serait pour la première fois que le reproche de légèreté s'adresserait à ce corps ! Je n'y ai donc, pour ma part, ajouté aucune foi. Pour plus de sûreté, j'ai cependant voulu vérifier le point qui m'avait le plus frappé et qui pouvait paraître le plus suspect dans le projet : le raccordement entre la ligne circulaire souterraine et la gare du Nord, raccordement figuré par une boucle assez étrange.

Je suis donc allé à la gare du Nord, où MM. les directeurs m'ont montré leur projet avec une obligeance que je ne saurais trop reconnaître. J'ai trouvé là un projet étudié avec le plus grand soin et remplissant de la façon la plus heureuse et la plus inattendue toutes les conditions désirables, tant pour le mouvement des trains internationaux et de banlieue que pour le service de douane et d'octroi, le tout souterrainement, sans nouvelles expropriations. Pour tout dire d'un mot, ce projet ne m'inspire qu'un seul regret: celui de n'en pas être l'auteur.

J'ai su aussi, d'une source autorisée, qu'un projet analogue a été dressé pour le raccordement de l'Est.

Enfin il résulte du rapport même de M. Pradon, que la gare de l'Opéra n'a pas non plus été indiquée sans un projet préalable et détaillé.

Concluant du connu à l'inconnu, du particulier au général, je crois donc que le projet du gouvernement vaut mieux que sa réputation et que, à moins d'autres preuves, on aurait tort de le mettre en suspicion.

Tracé de M. Haag

J'arrive au tracé Haag avec lequel M. Boudenoot s'est plus ou moins identifié, et dont l'artère principale, en viaduc à 4 voies, traverse la Chaussée-d'Antin à la rue de Provence, le boulevard Poissonnière un peu au delà de la rue du Faubourg-Montmartre, le boulevard Sébastopol à l'église Saint-Leu, enfin la Seine en amont des ponts Sully.

Je crois qu'on a reproché à ce projet son côté esthétique.

Quoique je me pique aussi de quelque goût artistique, je ne me trouve pas choqué par ces dispositions, surtout depuis que M. Haag a

eu l'extrême obligeance de me montrer ses esquises. En faisant une juste part à l'ornementation des viaducs, je suis convaincu que les artistes n'auraient rien à redire.

A cet égard, permettez-moi de citer encore l'exemple de Vienne, où la grande allée du Prater qui, toutes proportions gardées, correspond à l'avenue du Bois-de-Boulogne, est coupée deux fois par des viaducs, assez élégants pour que personne ne songe à les critiquer.

Ce que, pour ma part, je reproche au projet en question, c'est d'abord sa cherté, sur laquelle je me suis déjà suffisamment expliqué, et puis, la position du pont sur la Seine, que je trouve beaucoup trop en amont. Je ne crois pas que la rive droite et la rive gauche puissent se contenter d'une communication qu'il faut aller chercher au Jardin des plantes.

Enfin, il y a, à mes yeux, un reproche plus grave encore à adresser à ce projet aérien : c'est la difficulté extrême d'y greffer à l'avenir des embranchements, des « extensions », comme disent les Anglais, extensions qui ne manqueront pas d'être réclamées.

Sur ce point, ce n'est pas mon appréciation personnelle que je vais vous donner, mais celle de M. Boudenoot lui-même.

Voici ce qu'il dit dans sa communication du mois de novembre 1886 (p. 617):

« Il est bien entendu qu'il n'est pas besoin ici, comme pour l'artère » centrale, d'un viaduc en maçonnerie à 4 ou même 2 voies. Il suffira, » à notre avis, de faire pour cette section (la ligne longeant les bou- » levards de Strasbourg et de Sébastopol) un *choix* entre les *diverses* » solutions aériennes légères qui vous ont été présentées ».

On n'indique donc pas même une solution, on dit : Choisissez celle qui vous conviendra. Mais je continue la citation :

« ..... Le projet Garnier, le projet Milinaire, tous deux consistant en » viaducs métalliques à *voies superposées*, me paraissent en cette circons- » tance devoir attirer tout spécialement l'attention. »

Deux voies superposées ! Elles ne peuvent pas l'être indéfiniment, il faut bien qu'elles atteignent le même niveau quelque part et communiquent entre elles. Croyez-vous qu'un raccordement de ce genre-là sera gracieux en l'air et qu'il serait acceptable au boulevard de Strasbourg, aux abords de la gare de l'Est ?

Et comment se ferait le raccordement du viaduc métallique à deux voies superposées avec le viaduc central en maçonnerie à 4 voies juxtaposées ?

Écoutons encore M. Boudenoot (p. 621) :

« Quant au raccordement des lignes métropolitaines entre elles, » nous avons dit notre avis à ce sujet. Qu'on les soude autant que » possible à leurs extrémités, mais on ne peut exiger de les raccorder » quand elles se coupent à angle droit. »

Je comprends bien la difficulté technique de les raccorder, mais je ne comprends pas comment cette difficulté ferait disparaître le

besoin du public-voyageur de communiquer d'une ligne à l'autre. Mais j'achève ma lecture :

« Ainsi, l'artère centrale traverse perpendiculairement le boulevard » Sébastopol. D'après nous, la ligne transversale parallèle à ce boule- » vard serait un viaduc métallique passant au-dessus du viaduc de » l'artère centrale. »

Je laisse à votre imagination, Messieurs, le soin de se représenter, d'une part l'effet pittoresque de cette disposition, compliquée d'ailleurs des trottoirs d'une double station, et d'autre part les facilités qui en résulteront pour le transbordement.

Nouvelles Variantes.

Des deux projets dont je viens de vous entretenir, l'un est (du moins dans sa partie urbaine) complètement en souterrain, l'autre complètement aérien. On se demande si l'on ne pourrait pas trouver une solution mixte, une solution de juste milieu? Ce n'est pas facile! Cela tient à ce que le passage de l'un des deux systèmes à l'autre est extrêmement difficile dans l'intérieur de Paris. Sur viaduc, en effet, les rails sont forcément à plus de $4^m,30 + 0^m,50 = 4^m,80$ au-dessus du pavé; et en souterrain, au moins $4^m,80 + 0^m,50 = 5^m,30$ au-dessous. Cela donne une différence de niveau de plus de 10 mètres à racheter, si le sol est horizontal, de 12 mètres pour peu qu'il présente une inclinaison dans le mauvais sens. Le raccordement entre le viaduc et le tunnel exigera donc, même avec la déclivité de 25 millimètres, une longueur de 400 à 500 mètres, et sur cette longueur — les passages à niveau étant absolument, et le relèvement ou l'abaissement des rues existantes étant à peu près exclus — il ne pourra y avoir que des passages transversaux plus ou moins imparfaits, c'est-à-dire avec des hauteurs réduites dans la partie à murs de soutènement, avec escaliers dans la partie en tranchées. Il n'y a pas beaucoup de quartiers dans Paris où une pareille aggravation des communications existantes puisse être acceptée.

Je crois cependant en avoir découvert un, d'une part derrière et parallèlement au Palais-Royal, et d'autre part, sur la rive opposée, entre les rues Bonaparte et Mazarine. Car il faut vous avouer, Messieurs, qu'ayant entendu répéter que la plupart des tracés antérieurs avaient été *légèrement* faits, je me suis, de mon côté, armé d'un crayon et d'un compas pour ajouter quelques nouvelles variantes sur le plan patient de la ville de Paris. Voici le résultat de ces études :

La Seine serait traversée par un viaduc courbe, à la pointe *aval* de l'île de la Cité, et se prolongerait vers le nord suivant le tracé projeté de la rue du Louvre, en s'enfonçant sous terre *avant* la rue Étienne-Marcel, laissée intacte. Sur la rive gauche, le tracé suivrait l'axe d'un percement déjà projeté sous M. Haussmann, entre le quai de Conti et l'origine actuelle de la rue de Rennes, en faisant une trouée

entre l'Institut et la Monnaie, et en devenant souterrain devant l'église Saint-Germain-des-Prés. La partie aérienne du nouveau tracé aurait ainsi 1,450 mètres environ de longueur.

Passant entre le Louvre et Saint-Germain-l'Auxerrois, ce tracé rencontrera inévitablement, comme tous les tracés aériens, des objections esthétiques. Mais je ferai observer que, dans ma pensée, la largeur actuelle de la rue — il serait plus juste de dire de la place — du Louvre resterait intacte, et que le viaduc sur la Seine et ses abords jusqu'à la rue de Rivoli inclusivement, seraient construits en métal, avec toute la légèreté et l'élégance désirables. Je rappellerai, d'ailleurs, que la façade symétrique, péniblement composée d'une aile droite formée de l'église gothique de Saint-Germain-l'Auxerrois et d'une aile gauche formée d'une mairie renaissance, a toujours passé pour l'une des créations les moins réussies du Paris moderne, et que l'Administration municipale paraît partager cette manière de voir, puisqu'elle a caché la façade en question par un épais bouquet de marronniers, comme par une immense feuille de vigne. Le viaduc prendrait la place de ces arbres et, malheureusement aussi, des deux maisons neuves qui, de part et d'autre, encadrent la place.

Voici comment, autour de cette artère centrale aérienne, le réseau souterrain pourrait se grouper.

La ligne E, de l'avenue de Villiers à la place de la République par l'Opéra et la rue Réaumur, pourrait être maintenue suivant le projet du gouvernement. L'artère centrale se prolongerait, en ce cas, souterrainement de la rue Étienne-Marcel jusqu'à la rue Réaumur (partie à percer) et se souderait à la ligne E, par un double raccordement souterrain, dans les nouvelles démolitions.

Mais il me paraîtrait préférable d'infléchir le tracé de la ligne E de façon à le rapprocher de la rue Saint-Honoré, en passant, à partir de l'Opéra, par l'avenue de l'Opéra, la rue des Petits-Champs, la place des Victoires, et en rejoignant la rue Turbigo par la rue Étienne-Marcel. La rue des Petits-Champs est — il est vrai — bien étroite, mais son élargissement rentre dans les projets de la ville. Le double raccordement avec l'artère centrale se ferait encore à ciel ouvert, d'une part, à l'ouest de l'hôtel des Postes, vers la place des Victoires, et d'autre part, par la rue Jean-Jacques-Rousseau. Les Halles centrales seraient rattachées par un embranchement souterrain dans le prolongement de la rue Turbigo.

Vers le sud, l'artère centrale suivrait, à partir de Saint-Germain-des-Prés, la rue de Rennes dans toute sa longueur.

De la station de Saint-Germain-des-Prés, qui remplacerait la station à bagages de Cluny, se détacherait une ligne rejoignant, à la gare d'Orléans, la ligne circulaire A. La nouvelle ligne se détacherait sous la rue Bonaparte, passerait sous le front sud du marché Saint-Germain

et rejoindrait le boulevard de ce nom à l'École de médecine pour ne plus le quitter jusqu'au bout.

La ligne en question, de Saint-Germain-des-Prés à la gare d'Orléans, semble pouvoir remplacer avantageusement la portion de la ligne circulaire (A) comprise entre les gares de Sceaux et d'Orléans. Si le tracé par le boulevard Saint-Germain présentait des difficultés imprévues, on pourrait se rejeter sur une variante par la place de l'Odéon et la rue des Écoles.

Mon réseau se composerait ainsi des quatre lignes suivantes :

	kil.
A. Partie de la ligne circulaire comprise entre la gare de Sceaux, l'Étoile et la gare d'Orléans	16.2
E. De l'avenue de Villiers par les places de l'Opéra et des Victoires à la place de la République.	6.1
B. De la place des Victoires à la place de Rennes.	3.1
— De Saint-Germain-des-Prés à la gare d'Orléans	3.3
Longueur totale	28.7

Comme la partie aérienne de l'artère centrale (B), entre la place des Victoires et Saint-Germain-des-Prés, aurait évidemment une circulation beaucoup plus forte que les autres lignes, et qu'elle n'a que 1,450 mètres de longueur, elle pourrait, comme dans le projet Haag, être construite à 4 voies.

Quant à l'ordre à suivre pour l'exécution des travaux, mon sentiment serait de diviser l'ensemble des lignes que je viens d'esquisser en deux réseaux à exécuter successivement.

1er Réseau.

	kil.
Gare de Sceaux, Étoile, Gare de l'Est (A) . . .	11.40
Avenue de Villiers, Place des Victoires (E) . .	3.50
Place des Victoires, Saint-Germain-des-Prés, 4 voies à ciel ouvert.	1.43
Saint-Germain-des-Prés, Place de Rennes (B). .	1.65
Total	18 »

En appliquant à ces différentes sections des prix analogues à ceux du projet du gouvernement, je trouve pour ce 1er réseau un prix moyen kilométrique de 7 millions et une dépense de 126 millions.

Il desservirait : les gares de l'Est, du Nord, de Montparnasse, de Sceaux, de Saint-Lazare, et les stations de l'Étoile, du Trocadéro, de Saint-Germain-des-Prés, de Henri-IV, du Louvre, des Postes, de l'Opéra, etc.

2e Réseau.

	kil.
Gare de l'Est, Gare d'Orléans (A)	4.8
Gare d'Orléans, Saint-Germain-des-Prés	3.3
Place des Victoires, Place de la République . .	2.6
Longueur totale	10.7

En procédant comme pour le 1er réseau, je trouve un prix moyen kilométrique de 4,600,000 fr. et une dépense de 49 millions.

Ce second réseau rattacherait les gares de Vincennes, de Lyon et d'Orléans, et desservirait les stations de la place de la République, de la Bastille, etc.

A ces deux réseaux ferait suite toute une série de lignes éventuelles dont je ne mentionnerai que les suivantes :

	kil.
1° Porte-Maillot, place de l'Etoile, déjà comprise dans le projet du gouvernement.— Longueur.	1.300
2° Opéra, gare du Nord. (idem)	2.500
3° Gare d'Orléans par la place d'Italie ou le boulevard Saint-Marcel à la gare de Sceaux (idem).	3.300
4° De l'avenue de l'Opéra, par les rues des Petits-Champs, des Capucines, Basse-du-Rempart et Royale, au palais de l'Industrie et à la place de l'Etoile	3.300

Enfin divers embranchements vers la Villette et Belleville, et vers la ligne de Ceinture, etc.

Par suite de ces jonctions désirables et inévitables entre la Petite-Ceinture et le Métropolitain, une exploitation unitaire de toutes les lignes semble devoir s'imposer tôt ou tard.

Quoi qu'il en soit, quant à présent et dans ma pensée, le 1er réseau, comprenant 18 kilomètres et une dépense approximative de 126 millions, serait seul à décréter, non seulement par égard aux finances obérées du pays et de la Ville, mais encore pour éviter l'éparpillement des ressources par suite du jeu inévitable des influences les plus diverses, éparpillement semblable à celui qui s'est produit dans l'exécution du trop vaste programme de 1879.

Qui trop embrasse, mal étreint !

L'ensemble du réseau métropolitain serait, de cette façon, terminé plus vite, car, — c'est du moins ma conviction intime — quand la 1re ligne réellement métropolitaine sera en exploitation, tout le monde réclamera le reste.

En terminant, Messieurs, je répète que les nouvelles variantes que je viens de soumettre à votre appréciation, de même que leur estimation, sont de simples aperçus. Rédigés à la hâte depuis votre der-

nière séance, sans connaissance des égouts et autres obstacles souterrains, je me suis décidé à les produire tels quels, sans perdre un instant, dans le double espoir : que les nouvelles variantes attireraient de nouvelles sympathies et adhésions au projet du Métropolitain, et plus encore : qu'elles attireraient l'attention de la Ville et provoqueraient, de sa part ou de celle du Gouvernement, des études complémentaires et (si celles-ci ne révèlent pas de difficulté imprévue) la RECTIFICATION, S'IL Y A LIEU — PENDANT QU'IL EN EST TEMPS ENCORE — DES ALIGNEMENTS DE PROLONGEMENT DE LA RUE DU LOUVRE. SI LE QUARTIER DE LA HALLE AUX BLÉS, dont, au moment où je parle, on commence la démolition, si ce quartier, dis-je, SE RECONSTRUISAIT SANS ÉGARD AU TRACÉ DES NOUVELLES VARIANTES, C'EN SERAIT FAIT DE LA DERNIÈRE SOLUTION SATISFAISANTE POUR NOTRE MÉTROPOLITAIN, et il faudrait bien alors se *résigner* définitivement au passage *sous* la Seine. *(Applaudissements.)*

M. DELIGNY désire dire un seul mot.

D'après ce que vient de dire M. Nordling, il faudrait considérer l'exécution du Métropolitain comme devant accepter toutes les solutions, c'est-à-dire la solution aérienne ou la solution souterraine, suivant les circonstances et suivant les possibilités. La solution souterraine s'impose absolument; c'est une condition de faire ou de ne pas faire. Sans la solution souterraine partielle, on tombe dans des prix tels qu'on n'aura personne pour donner l'argent, ni l'État, ni la Ville, ni les banquiers. Il faut donc préparer l'exploitation dans la partie souterraine. Il y a trop d'Ingénieurs de chemins de fer, d'Ingénieurs mécaniciens, dans la Société des Ingénieurs civils, pour qu'on ne trouve pas la solution du passage souterrain, sans fumée ni vapeur. Il y a la solution par câble, qui est très ancienne et encore fort acceptable dans bien des cas; il y a la solution par l'air comprimé, les machines parfaitement étudiées par notre collègue M. Mékarski; il y a la machine à vapeur sans foyer, de M. Franck. M. Deligny possède des études de machines de 40 à 50 tonnes, faites pour l'un et l'autre de ces systèmes; — enfin, il y a plusieurs solutions de locomotives mues par l'électricité.

La Société des Ingénieurs Civils compte trop de membres compétents pour qu'on puisse admettre que cette question ne soit pas étudiée.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous continuerons la discussion à la prochaine séance. En attendant, je remercie MM. Hauet, de Nordling et Deligny. A la prochaine séance nous entendrons M. Morcau, M. Garnier et M. Haag.

La Séance est levée à onze heures un quart.

ÉTUDE

SUR LES

CUBILOTS POUR LA FUSION DE LA FONTE

PAR

M. A. GOUVY Fils

Le but que l'on s'est proposé par la présente note est surtout de donner un aperçu des perfectionnements successifs qui ont été apportés aux cubilots pour la fusion de la fonte, depuis que l'usage s'en est généralisé en métallurgie, avec indication de quelques systèmes spéciaux qui ont été inventés sur base de principes plus ou moins discutables, et de décrire un peu plus en détail quelques appareils plus récents qui ont attiré le plus l'attention des ingénieurs métallurgistes. On trouvera ainsi réunies en quelques pages les inventions les plus importantes ayant trait à cet appareil, ainsi que les résultats obtenus dans la plupart des cas, avec la discussion dans les cas les plus importants du système décrit.

I

Premiers appareils usités pour la fusion de la fonte.

Les premiers appareils qui aient été employés pour la fusion de la fonte, en dehors du haut fourneau, étaient les creusets chauffés à la houille dans un fourneau quelconque et dont la consommation de combustible était fort élevée.

En vue d'éviter cet inconvénient, on a eu recours tout d'abord

à des appareils analogues aux cubilots, appelés *calebasses*, et qui étaient alimentés au coke et à la houille. Valerius cite les calebasses au coke de Bruxelles (1) qui consommaient 35 à 40 kilogr. de coke pour 100 kilog. de fonte fondue, non compris la houille servant à échauffer la calebasse et le coke pour le remplissage. Les calebasses de Charleroi consommaient 37 à 43 kilogr. de coke pour 100 kilogr. de fonte plus 2.7 à 3 0/0 de houille ; le déchet de fonte n'étant que de 5 à 6 0/0 comme dans les cubilots ordinaires.

Réaumur cite encore des « calebasseries ambulantes » que nous rappellent encore aujourd'hui les Bohémiens qui s'offrent dans les campagnes pour le raccommodage des casseroles.

Plus tard on a cherché à augmenter le volume et la production trop faibles de ces calebasses, et on est arrivé aux cubilots, désignés primitivement d'après leur inventeur *Wilkinson* (1790) et que l'on appelait « fourneaux à manche », « coupelots », etc. ; les premiers appareils fixes étant munis de coupoles maçonnées du sommet desquelles s'échappaient les gaz, il est probable que c'est de là que dérive la dénomination usitée aujourd'hui.

Les cubilots étaient primitivement munis d'une seule tuyère ; la cuve rectangulaire, ovale ou cylindrique était formée de sable réfractaire damé dans une enveloppe en fonte et nécessitait de fréquentes réparations ; leur hauteur n'atteignait généralement que 1,5 à 2,5 mètres; comme combustible on se servait de charbon de bois, et il en résultait une consommation excessive s'élevant jusqu'à 50 0/0, ainsi qu'une production très réduite. Un appareil de ce genre est représenté par la Fig. 1 Pl. 142. Dans un cubilot à parois damées établi à Seraing vers 1850, la cuve était réparée tous les huit jours, et le creuset trois fois par semaine ; enfin toutes les six semaines on remettait la cuve à neuf. La production par heure atteignait 1,000 à 1,200 kilogr. de fonte avec une consommation de coke totale d'environ 20 0/0.

Il faut observer ici que, malgré les perfectionnements apportés aux cubilots, il existe encore aujourd'hui des fonderies, bien rares heureusement, dont la consommation de coke atteint et dépasse même le chiffre ci-dessus.

En Chine, où les progrès industriels sont presque nuls depuis longtemps, on emploie encore de petits fourneaux de $2^m,50$ de

(1) Valerius : *Traité de la fabrication de la fonte*, 1851.

hauteur évasés vers le haut, d'un diamètre intérieur de 0m,60 au creuset, munis d'une seule tuyère (1) ; on y charge des minerais mélangés à de la fonte et à du charbon de bois; on s'en sert pour le moulage de poteries d'une finesse et d'une légèreté remarquables.

Cubilots a tuyères superposées. — En vue de pouvoir rassembler une plus grande quantité de fonte dans le creuset pour le moulage de grosses pièces, on a remplacé le système primitif à tuyères fixes par une série de tuyères superposées que l'on ouvrait successivement en bouchant la tuyère précédente au fur et à mesure que le bain de fonte montait dans le creuset. Le cubilot de la fonderie de Berlin (2) (Fig. 2 et 3) était ainsi construit. Le système a été longtemps et est encore peut-être employé aujourd'hui, en France, dans certaines fonderies (Fig. 4).

II

Emploi du vent chaud et utilisation des gaz du Gueulard.

Dès que l'emploi des cubilots se fut généralisé dans les fonderies, les brevets les plus divers surgirent successivement.

Le premier perfectionnement considéré autrefois comme très-important, puis rejeté peu à peu, a consisté dans l'utilisation de la chaleur perdue du gueulard en vue de chauffer le vent afin d'obtenir ainsi une production plus élevée et une moindre consommation de combustible.

Kerl (3) mentionne entre autre un cubilot employé dans le Harz et soufflé avec du vent chauffé dans des tubes en U placés horizontalement dans la cheminée (Fig. 5 et 6). Ce cubilot était alimenté au charbon de bois. — Le même auteur décrit aussi l'installation de Saynerhütte comprenant un appareil à air chaud complet formé de boîtes annulaires réunies entre elles par des tubes verti-

(1) *Chemical News.*

(2) Bruno Kerl : *Handbuch der Metallurgischen Hüttenkunde*, 1855.

(3) Bruno Kerl : *Handbuch der Metallurgischen Hüttenkunde*, 1855.

caux chauffés par les gaz du gueulard, et dans lesquels circule le vent qui pouvait être ainsi porté à 150-200 degrés R.

Cependant l'utilisation de ces chaleurs perdues pour porter le vent à une certaine température, était toujours soumise à des inconvénients ; il est difficile en effet d'installer des appareils à la partie supérieure des cubilots sans augmenter notablement la dépense de construction et sans gêner même la marche du fourneau en raison de la contre-pression qui y est produite ; d'un autre côté, la marche intermittente des cubilots de fonderie rendait presque impossible l'emploi des gaz pour le chauffage des chaudières à vapeur, ainsi que cela a lieu couramment avec les hauts fourneaux. On a songé aussi à faire passer ces gaz soit dans des séchoirs, soit sous des plaques de fonte sur lesquelles on plaçait le coke destiné aux chargements ; une autre disposition a été appliquée au chauffage préalable de la fonte placée dans un petit four à réverbère à côté du gueulard, et on est arrivé à porter la fonte au rouge.

Toutes ces dispositions trop compliquées ont dû être abandonnées, et on a cherché à échauffer le vent par des dispositions plus simples sans utiliser les chaleurs perdues du gueulard.

C'est ainsi que *Cabrol* fit breveter un système basé sur le chauffage direct de l'air par la houille dans une chambre spéciale, ce qui de plus chargeait le vent d'oxyde de carbone et permettait d'obtenir une température plus élevée dans le cubilot.

Wright et Brown faisaient passer le vent sur le métal fondu avant son introduction dans le fourneau.

Quoique Kerl prétende qu'en Silésie par l'emploi de vent chaud on a obtenu une fusion plus rapide et un déchet de fonte moindre

paraît que tous ces systèmes n'ont pas cependant donné les résultats prévus par leurs auteurs ; aussi ont-ils été successivement rejetés soit en raison de leur disposition trop compliquée, soit par suite de l'absence d'avantages réels.

Néanmoins des essais ont été continués dans ce sens, et en 1871 sir R. Mallet mentionne le cubilot *Summerson* soufflé à l'air chaud.

Cubilot Ronchain. — Ronchain, à Maubeuge, a fait breveter en 1885 un cubilot avec conduite de vent noyée dans la maçonnerie

et dans laquelle l'air s'échauffait avant de s'introduire dans le cubilot par les tuyères supérieures (Fig. 7). Les tuyères inférieures étagées en dessous et ouvertes à des hauteurs variables suivant la masse de fonte rassemblée dans le creuset ne donnaient que du vent froid.

Ronchain indiquait une consommation de 10 kilogr. de coke de fusion pour 100 kilogr. de fonte, contre 13,33 kilogr. consommés précédemment.

Cubilot de Woolwich. — A Woolwich il existait un cubilot muni d'une boîte à vent de dimensions que l'on pourrait appeler énormes, et qui s'étendait sur toute la hauteur de l'appareil depuis le trou de coulée jusque près du gueulard (Fig. 8). Il y avait trois rangs de tuyères espacées de 30 centimètres verticalement.

On trouve aussi dans les publications d'Armengaud (1) la description d'un cubilot avec boîte à vent (Fig. 9), communiquant directement avec l'intérieur de l'appareil par des orifices remplaçant les tuyères ; cette boîte annulaire destinée à obtenir de l'air chaud a été adoptée aussi par Voisin.

Système Tittl et Erndt. — Enfin, tout récemment, en 1885, une disposition appliquée à un cubilot à avant-creuset du système Krigar a été brevetée en Bohême par MM. Tittl et Erndt (2) ; le vent traverse des tubes placés dans l'avant-creuset surélevé et y est chauffé par les flammes qui sortent du cubilot par l'orifice inférieur, et par le rayonnement du bain de fonte (Fig. 10).

Cubilot de Sheffield. — Une disposition qui peut paraître plus pratique que les précédentes et qui est décrite dans l'Engineer (3), a été employée aux aciéries Brown, Bayley and Dixon à Sheffield; la tuyauterie des ventilateurs est reliée à une série de 16 tubes en U de $4^{m},88$ de hauteur, présentant une surface de chauffe de 159 mètres carrés, et répartis dans deux chambres placées au niveau supérieur de la cheminée d'un convertisseur Bessemer ; les gaz de ce convertisseur passent dans les chambres et échauffent ainsi le vent destiné aux cubilots ; ceux-ci mesurent

(1) Armengaud : *Publications industrielles*, vol. 22, p. 185.
(2) *Dingler's Polytechnisches Journal*, 1885, vol. 258, p. 445.
(3) *Engineer*, 1879, p. 321.

11m,28 de hauteur et sont munis de deux rangs de tuyères distants de 305 millimètres; le diamètre aux tuyères est de 1m,219 et au creuset de 1m,524. La température de vent obtenue était de 200° à 260°, et on accuseu ne consommation de coke (de fusion probablement) de 6,6 à 7,0 kilogr. pour 100 kilogr. de fonte.

En résumé, l'emploi de l'air chaud au soufflage des cubilots n'a donné d'autres résultats qu'une augmentation de la production, grâce à l'élévation de température obtenue dans la zone de fusion; par contre on n'a pas constaté d'économie de combustible, ce qui doit être attribué à ce que la zone de fusion s'étend sur une plus grande hauteur qu'avec le vent froid, et que par suite l'acide carbonique formé près des tuyères rencontre une surface plus considérable de coke porté au rouge, qui amène une réduction de ce gaz; il en résulte que les avantages obtenus d'un côté sont annihilés et au delà par la perte de chaleur due à la transformation de l'acide carbonique en oxyde de carbone.

Cubilot combiné de Daelen. — Malgré toutes les expériences qui avaient déjà été faites successivement sans résultats concluants, M. A. Daelen a préconisé en Allemagne une disposition très compliquée, avec laquelle il prétendait utiliser la chaleur perdue du cubilot, non seulement pour la fusion de la fonte, mais encore pour la production de la vapeur nécessaire aux ventilateurs (1).

Nous indiquerons ici cette curieuse disposition qui démontre en réalité que la recherche de la perfection théorique n'aboutit pas toujours à une invention pratique si l'on ne s'attache pas en même temps à la simplicité.

Le cubilot (Fig. 11 et 12, P. 142) était destiné à être chauffé à la houille crue suivant le principe du foyer Duméry (Paris 1856), appliqué encore de nos jours dans maintes dispositions, et d'après lequel les gaz, au lieu de traverser le combustible cru, se dirigent vers les couches en ignition. L'appareil Daelen n'est en réalité qu'une combinaison de four à coke soufflé, d'un cubilot et d'un four à réverbère, avec utilisation des chaleurs perdues du cubilot.

La houille crue est carbonisée d'abord dans la chambre *a*; le

(1) *Dingler's Polyt. Journal.* 1866.

coke produit est repoussé dans le cubilot *c*, jusqu'à ce que celui-ci soit rempli jusqu'au niveau *m*; on néglige ensuite la chambre *a* et continue à charger la houille par les trémies *t*. La fonte, d'abord portée au rouge dans le four à réchauffer, est amenée directement dans le cubilot.

Cet appareil coûteux et encombrant sans utilité ne paraît pas avoir fonctionné, et il n'est pas à supposer qu'il aurait donné des résultats bien satisfaisants.

III

Influence du profil des cubilots

Quelques métallurgistes négligeant la question de l'utilisation des gaz perdus, ont porté leurs recherches sur l'influence du *profil* des cubilots, supposant que dans ces appareils la forme de la cuve et le rapport des sections aux divers niveaux avaient une influence analogue à celle constatée dans le haut fourneau.

Cubilots Gerhardi et Ireland.— Un cubilot établi, en 1863, à la fonderie Borsig de Berlin, par un ingénieur anglais et décrit par M. R. Gerhardi (1) qui l'a ensuite perfectionné, était basé uniquement sur la différence des sections ; ce cubilot n'était en réalité pas autre chose qu'un Ireland.

Gerhardi rejette en principe les cuves cylindriques; son appareil comprenait quatre zones bien distinctes (Fig. 13) : le creuset, la zone des tuyères, les étalages et la cuve ; la garniture intérieure était en briques réfractaires et travaillée avec soin en vue d'éviter la déformation du profil, surtout près des tuyères; le cubilot était muni de 12 tuyères sur deux rangées, les quatre tuyères inférieures présentant chacune une section de 130 millimètres carrés et les huit tuyères supérieures 68 millimètres carrés. Afin de pouvoir réparer facilement la partie près des tuyères et les étalages exposés le plus à l'usure par suite de la chaleur développée à ce niveau, sans toucher à la cuve, celle-ci reposait sur des cornières fixées à l'enveloppe.

Un tel cubilot, avec un creuset de 960 millimètres de diamètre

(1) *Zeitschrift des Vereines Dtscher Ingenieure* 1863, vol. XIII, p. 273.

et avec une pression de vent de 392 à 418 millimètres d'eau, a pu fondre par heure 2,250 à 2,600 kilogr. de fonte au maximum avec une consommation de coke totale de 13,5 kilogr. On obtenait une économie pour le coke d'allumage, en ce sens que le fourneau n'était rempli que jusqu'aux étalages, c'est-à-dire seulement dans la partie rétrécie; puis venaient immédiatement les chargements réguliers de 250 kilogr. de fonte et 25 kilogr. de coke. On ne donnait le vent aux petites tuyères que lorsque la fonte liquide apparaissait aux regards des tuyères inférieures.

L'avantage que présente le rétrécissement aux tuyères consiste en ce que cette disposition tient compte de la réduction de volume des charges et permet une descente régulière de celles-ci; de plus la combustion étant concentrée en une section plus étroite pour une même quantité de coke brûlée, la température développée en face des tuyères est plus élevée que si le cubilot était cylindrique sur toute sa hauteur. Quant à l'élargissement donné au creuset, il est destiné à réunir une plus grande quantité de fonte que l'on peut alors couler en une seule fois en cas de moulage de grosses pièces, ou bien à permettre des coulées moins fréquentes sans que l'on ait besoin de recourir aux tuyères superposées bouchées successivement.

La Figure 14 représente un cubilot établi par M. Ireland à Bolton, en Angleterre, pour la fusion d'une chabotte de 210 tonnes et qui a un profil presque identique à celui du cubilot précédent, ainsi que deux rangs de tuyères de diamètre et en nombre différents.

Le premier cubilot Ireland n'était muni que de deux tuyères; ce n'est que plus tard que l'on a adopté 16 à 20 tuyères en deux rangées.

Cubilots de Saint-Gervais et de Nevers. — Nous citerons encore le cubilot établi à la fonderie de la marine à Saint-Gervais dès 1856 (1) et dans lequel la zone de fusion était plus étroite que la partie supérieure (Fig. 15 et 16). Le creuset était entouré à sa partie inférieure d'une enveloppe en fonte, tandis que les étalages et le haut du creuset formés de briques réfractaires ou de sable moulé n'avaient pas d'enveloppe afin de pouvoir les répa-

(1) *Industrie minérale*, T. IV, 1858-1859, p. 99. (Communication de M. Maillard.)

rer facilement; la cuve elle-même en briques avec enveloppe de tôle reposait sur quatre colonnes permettant de l'élever ou de l'abaisser, indépendamment de la partie inférieure, en vue d'un refroidissement rapide de la maçonnerie. Il y avait trois rangs de tuyères que l'on ouvrait suivant la quantité de fonte rassemblée dans le creuset. On chargeait pour l'allumage 150 à 250 kilogr. de coke; avec du coke dur de première qualité et une pression de vent de 15 à 18 centimètres d'eau, on fondait 1,200 à 1,500 kilogr. par heure. La consommation de coke à Saint-Gervais et à Nevers, où on avait établi un cubilot analogue, était relativement faible et marquait alors déjà un progrès important :

	Coke de fusion.	Coke total.
Cubilot I. de Saint-Gervais, 1er essai.	6.08 0/0	10.29 0/0
— — 2e — .	6.45 »	10.32 »
— de Nevers	?	11.28 »

Le déchet de fonte n'était que de 4 0/0.

Le même système appliqué à un cubilot sur roues de très petites dimensions (four à manche locomobile) a donné une consommation de coke totale de 13,48 0/0.

Refroidissement des parois. — Pour éviter l'usure des parois des cubilots au-dessus des tuyères, on a employé le refroidissement par courant d'eau, d'une manière analogue à ce qui se fait dans les hauts fourneaux.

Cubilot d'Albany. — Un cubilot muni d'une circulation d'eau aux étalages, établi pour la fusion de la fonte Bessemer aux aciéries d'Albany et qui est remarquable en outre par ses dimensions, est représenté par la figure 17 Pl. 142. Ce cubilot (1) alimenté avec un mélange de 65 0/0 d'anthracite dur et 35 0/0 de coke était muni de 8 tuyères de 13/20 millimètres. Sauf les étalages établis en matériaux réfractaires damés, le cubilot était cylindrique; il pouvait fondre 10 tonnes par heure.

Cubilot Gmelin. — Le refroidissement a été employé aussi pour des profils complètement cylindriques : c'est ainsi que le cubilot inventé par M. O. Gmelin de Budapest et qui est installé dans

(1) *Engineering*, 1880, vol. 30, p. 592.

les ateliers de Ganz et C^ie^ (roues de wagons en fonte) à Budapest, ne se compose que d'une double enveloppe en tôle dans laquelle circule de l'eau froide, sans emploi de briques sauf pour le creuset et un enduit réfractaire de 30 à 50 millimètres d'épaisseur sur toute la hauteur à l'intérieur de la tôle. Si l'on considère que la chaleur cédée à l'eau qui circule dans l'enveloppe est au moins 15 0/0 de la chaleur développée dans l'appareil, ou bien environ trois fois la chaleur perdue par rayonnement en cas de cuves en maçonnerie, il est évident que cet appareil ne présente d'économie que pour les frais de première installation et pour l'entretien. Avec un tel cubilot de 4 mètres de hauteur et de 850 millimètres de diamètre avec une pression de 400-450 millimètres d'eau, on a fondu 4,500 à 5,000 kilogr. de fonte par heure; la consommation d'eau était de 135 litres par minute. Le seul avantage de cet appareil paraît donc consister en ce que l'on peut y élever fortement la température, obtenir de la fonte chaude et une fusion rapide, sans crainte de détérioration des parois; on peut de même sans inconvénient augmenter la charge de castine; enfin la température reste constante aux divers niveaux.

IV

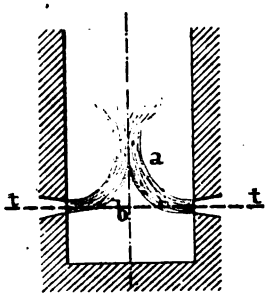
Répartition égale du vent.

On a émis aussi fréquemment l'idée que la descente régulière des charges dans les cubilots était une condition importante d'une bonne marche, se basant en cela sur la théorie des hauts fourneaux.

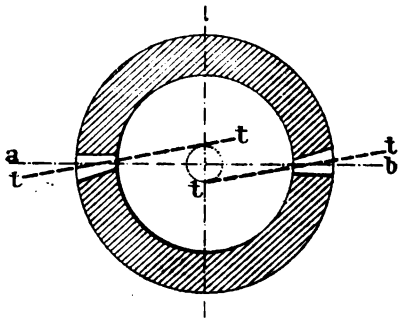
Les avantages que peut présenter cette circonstance pour les cubilots en particulier, consistent en ce que tout le coke peut être brûlé complètement sans qu'il en échappe une certaine proportion à la combustion, et aussi en ce que la fusion de la fonte ayant lieu également dans une même section horizontale, la composition de cette fonte est moins susceptible d'être modifiée par les gaz oxydants et qu'il y a moins de déchet.

Il était nécessaire à cet effet d'obtenir une répartition aussi égale que possible du vent dans toute la section du cubilot. Avec la disposition primitive à une seule ou à deux tuyères, ce but ne

pouvait être évidemment atteint. Si l'on considère en effet un cubilot à deux tuyères opposées, le vent introduit dans l'appareil sous une certaine pression et rencontrant les matières chargées est dévié, et il se forme des courants obliques qui se rejoignent seulement au-dessus de l'axe des tuyères; la combustion est vive sur le parcours de ces courants, et la plus forte chaleur est concentrée en *a* où ils se rencontrent, tandis qu'en *b* la température est beaucoup plus basse, ainsi qu'il est facile de le constater en introduisant une barre de fer par les tuyères *t t* et en la retirant vivement.



On a d'abord cherché à obvier à cet inconvénient en disposant les axes des tuyères obliquement, de façon à donner au vent un mouvement giratoire; dans ce cas, la zone de combustion *a* est plus étendue en diamètre, mais la température basse en *b* subsiste toujours; on n'y remédie que partiellement, en donnant à l'axe des tuyères une inclinaison de haut en bas avec une pression de vent suffisamment élevée pour vaincre la résistance des charges, ce qui donne lieu par contre à d'autres inconvénients.



Tuyère Lawrence. — Une disposition intéressante au point de vue du principe sur lequel elle est basée, est celle employée par M. Lawrence de Philadelphie (1); immédiatement au-dessus de la tuyère principale de section rectangulaire sont étagés des orifices de plus en plus étroits (Fig. 19 et 20); le jet de vent inférieur plus fort s'introduit plus avant dans le cubilot que les jets des orifices superposés, de sorte que ces derniers fournissent le vent au coke qui se trouve près des parois de la cuve.

Ces tuyères sont réparties horizontalement sur la circonférence du cubilot à $0^m,100$ d'axe en axe.

(1) *Polytechnic. Review.*, 1877.

Cubilot Bocard. — Le meilleur système qui ait été adopté en vue d'une égale répartition du vent est celui qui consiste à introduire l'air sur toute la circonférence au moyen d'une fente annulaire.

Le *Génie industriel* décrit déjà en 1858 (1) un cubilot basé sur ce principe et inventé par M. Bocard, de Châtillon-sur-Seine. (Fig. 21. Pl. 142). Le niveau d'introduction du vent avec ce système étant nécessairement fixe et ne pouvant être déplacé verticalement, l'appareil était muni en outre d'un creuset de grandes dimensions mobile sur un chariot; il pouvait servir éventuellement de poche de coulée et être remplacé facilement. Dans un tel cubilot d'une section de 40 centimètres carrés, on prétendait pouvoir fondre 1,500 à 2,000 kilogr. de fonte par heure.

Quelques années plus tard, *Mac Kenzie* fit breveter une disposition avec introduction du vent par une fente annulaire; puis en 1880 surgit le cubilot *Fauler*, de Fribourg (Bade), dans lequel un anneau de fonte creux muni d'une fente distribue le vent sur toute la circonférence du cubilot.

Cependant ces dispositions ne permettaient que difficilement la visite et le nettoyage de la conduite de vent annulaire en cas de débordement des scories; ces conduites étaient usées rapidement et souvent difficiles à remplacer.

Cubilot Krigar. — Le cubilot construit par M. Krigar de Hanovre et qui est employé en Allemagne dans un très grand nombre d'usines, permet aussi une distribution régulière de l'air en ce que le vent sous pression chauffé dans une boîte annulaire (Fig. 26, Pl. 143) et introduit dans l'appareil par des orifices verticaux rectangulaires s'étend d'abord dans la section large du creuset proprement dit avant de monter directement dans les charges par la section rétrécie qui se trouve immédiatement au-dessus; ces orifices ou fentes amenant le vent ne sont jamais atteintes par les scories, grâce à l'adaptation d'un avant-creuset dans lequel toute la fonte se rassemble. Un tel cubilot donne une consommation de coke totale de 10,4 à 15,7 0/0 kilog. de fonte chargée.

Néanmoins, cet appareil présente encore, ainsi que les précédents,

(1) Armengaud: *Génie industriel*, juillet 1858, p. 9.

cet inconvénient que la quantité d'air insufflée à une pression constante est invariable, à moins que l'on n'emploie des registres, ce qui influerait de nouveau sur les courants d'air.

Cela n'est plus le cas dans le système *Herbertz* qui utilise aussi l'introduction de vent annulaire, mais avec hauteur variable de la fente, en même temps que, grâce à l'emploi de l'aspiration, la partie inférieure du cubilot est complètement libre de toute tuyauterie encombrante. Cependant, si dans le système Herbertz l'ouverture annulaire est destinée à obtenir une égale répartition du vent dans toute la section, l'emploi du tirage par jet de vapeur à la partie supérieure du cubilot produit un effet contraire ; autrement dit, les gaz se créent à travers les charges des passages par lesquels la plus grande proportion de ces gaz s'échappe sans être utilisée, donnant lieu ainsi à une combustion irrégulière. Les analyses des gaz de ce cubilot, qui indiquent une forte proportion d'oxygène en excès, paraissent prouver ce fait; elles sont indiquées plus loin.

V

Cubilots avec aspiration du vent.

Bien avant l'éjecteur à vapeur on avait déjà essayé le tirage naturel, mais la production de ces cubilots était très faible ; il y avait perte de chaleur considérable, en raison du temps relativement long nécessaire pour obtenir la température de fusion de la fonte, et de la faible quantité de vent amenée simplement par la dépression produite par une cheminée.

Kerl cite déjà en 1855 le cubilot à tirage naturel de *Zintgraff* ; plus tard *Heaton* installa à Langley-Mills un cubilot basé sur le même système, et en 1865 *Canham* faisait breveter une disposition analogue ; tous ces appareils durent être abandonnés par suite des défauts cités ci-dessus. Sir R. Mallet, dans une communication, faite en 1871 (1), parlant du cubilot Heaton, a émis l'observation critique suivante qui nous paraît très juste : « Un tel appareil, dit-» il, peut fondre évidemment, mais il y a une différence dans le

(1) *Practical Mecanic Journal*, 3e série, vol. 5.

» temps nécessaire pour obtenir la chaleur complète... Ce four-
» neau peut être bon pour le procédé Heaton dans lequel il faut
» de la fonte régulièrement et d'une manière continue, mais il ne
» vaut rien pour une fonderie...»

Le remplacement du tirage naturel par le tirage forcé à jet de vapeur n'a évité qu'une partie de ces inconvénients, et le cubilot *Woodward*, breveté en 1865, n'a pas donné non plus tous les avantages que l'on en attendait.

Cubilot Woodward. — Ce cubilot (Fig. 22, Pl. 142) était muni de deux rangs de tuyères à section rectangulaire; les petites tuyères supérieures servaient à l'allumage et étaient fermées en marche normale ; on les ouvrait en nombre voulu, au cas où il était nécessaire d'obtenir une production plus forte. L'aspiration se faisait au centre du gueulard par un jet de vapeur dans une cheminée en tôle ; les chargements étaient faits par une trémie latérale ; la pression de la vapeur variait de 3 à 4 kilogr. par centimètre carré.

Sir Mallet, dans sa communication déjà citée, se prononce très défavorablement sur ce système : « Il faut, dit-il, une chaudière à
» haute pression, et pas de machine à vapeur; or, une chaudière à
» basse pression avec une soufflerie rendra le même office et sera
» plus facile à entretenir. » — Cette critique peut paraître exagérée, en ce sens qu'il n'est pas nécessaire en réalité d'avoir une pression dépassant 4 à 5 kilogr. ; l'absence de machines à vapeur et de tuyauteries est un avantage qu'il importe de considérer tant au point de vue des frais de premier établissement que des réparations : enfin on peut régler le tirage à volonté en modifiant les dimensions de l'éjecteur et l'admission de vapeur.

En ce qui concerne la consommation de combustible, le système Woodward a donné des résultats variables, et il faut probablement attribuer ces différences à la dimension des tuyères qui était généralement trop faible, et aussi surtout à la combustion incomplète due à une distribution irrégulière de l'oxygène, ainsi qu'il a été dit précédemment.

Cubilot Herbertz. — Dans le cubilot, breveté par M. Herbertz de Cologne au commencement de cette année (Fig. 23, Pl. 143), le premier de ces inconvénients qui était inhérent à tous les anciens

systèmes dans lesquels on soufflait à haute pression il est vrai, mais avec des buses très étroites, est évité, puisque l'on peut augmenter à volonté la hauteur de l'ouverture annulaire ; mais le second subsiste toujours.

Ce cubilot, ainsi qu'on l'a vu par ce qui précède, n'est en réalité qu'une combinaison des systèmes Woodward et Mac-Kenzie, avec un léger perfectionnement relatif à la mobilité du creuset et à la hauteur variable de l'ouverture annulaire qui remplace les tuyères, au moyen de vis fixes et d'écrous. La consommation de vapeur (1) pour l'aspiration a atteint 92,2 kilogr. par heure avec un diamètre de l'éjecteur de 10 millimètres ; en cas d'emploi d'une soufflerie Root de 3 chevaux environ, cette consommation est de 90 kilog. environ ; il n'y a donc pas d'économie à chercher de ce côté. Quant à la consommation de combustible, les essais faits en décembre 1885 à Cologne avec du coke à 3 0/0 d'eau et 6,8 0/0 de cendres, ont indiqué 5 0/0 de coke de fusion et 9,9 0/0 de coke total (y compris le coke d'allumage et déduction faite de la reprise en coke menu).

Ces résultats sont évidemment satisfaisants, mais ne dépassent pas notablement ceux obtenus dans les autres cubilots en usage actuellement dans les usines bien conduites ; l'auteur de la notice de « Stahl et Eisen » indique, par exemple, des résultats du cubilot Herbertz comparés à ceux des cubilots Krigar et Ireland et que nous reproduirons en partie dans le tableau ci-dessous :

	CUBILOTS	COKE 0/0 DE FONTE	
		POUR FUSION	TOTAL
1	Système Krigar (avant-creuset)	8.70	12.40
2	Id.	6.32	16.70
3	Id.	5.50	8.50
4	Id.	6.70	9.10
5	— Ireland	12.00	18.70
6	Id.	13.20	14.70
7	— Herbertz (1er essai)	5.00	9.90
8	Id. (2e essai)	10.20	12.70

(1) *Stahl und Eisen*, n° 6, juin 1886, page 399, et *Revue industrielle*, mai-juin 1886, page 541.

On voit que les résultats obtenus avec le cubilot Herbertz ne sont pas beaucoup plus favorables qu'avec les autres systèmes, et qu'ils sont loin encore du chiffre théorique de la consommation de coke.

Cette circonstance est due probablement à ce que la pression de vent étant trop faible pour permettre à l'oxygène de pénétrer dans tous les pores du coke, aussi complètement que lorsque l'air est injecté sous une pression de 200 à 300 millimètres d'eau, il y a une combustion superficielle, concentrique et irrégulière, ainsi qu'à la déviation des courants d'air attirés par le chemin le plus court vers l'aspirateur, enfin à un excès d'air constaté par les analyses.

En effet les gaz du gueulard dans les cubilots Krigar et Ireland se composent en *volumes* de :

12,42 à 16,55 0/0 de CO^2
2,55 à 11,73 0/0 de CO
et 0. 0/0 d'oxygène, tandis que dans le cubilot Herbertz on a trouvé d'après l'auteur déjà cité (1).
10,7 et 11,5 0/0 de Co^2
0 et 3,4 0/0 de Co
6,7 et 8,2 0/0 d'oxygène, soit 7,5 0/0 d'oxygène en moyenne.

Il ressort de là que, dans 100 mètres cubes de gaz qui traversent le cubilot Herbertz, il y a : $\frac{100 \times 7.5}{21} = 35,7$ mètres cubes d'air inutilement aspirés, qui entraînent une quantité notable de calories, supérieure à celle perdue par l'échappement de 2,55 à 11,73 0/0 d'oxyde de carbone *non transformé* en Co^2.

Si l'on admet que pour 100 kilog. de fonte il y a dans le cubilot 60 à 75 mètres cubes de vent, on peut se rendre facilement compte de la perte occasionnée.

Il faut ajouter enfin que la production est plus faible pour un même diamètre qu'avec les cubilots à vent forcé.

Cubilot Krigar a tirage forcé. — En 1884, M. Krigar avait aussi fait breveter un cubilot avec avant-creuset à tirage par jet de vapeur, avec cette différence cependant que l'air aspiré à trois niveaux par de larges ouvertures munies de clapets régulateurs, se

(1) *Stahl et Eisen*, n° 6, juin 1886.

dirigeait vers le creuset et s'échappait par une cheminée placée sur l'avant-creuset et dans laquelle se trouvait l'éjecteur (Fig. 24 et 25). La zone de fusion se trouve ainsi *en dessous* des entrées d'air.

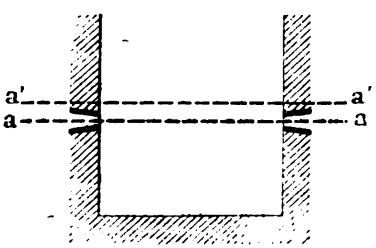
Dans ce système les gaz peuvent servir, il est vrai, à maintenir la chaleur de la fonte rassemblée dans l'avant-creuset, mais les charges ne sont pas échauffées d'avance; elles sont au contraire traversées par le vent froid immédiatement avant la fusion, et bien que nous ne connaissions pas les résultats qui ont pu être atteints en pratique, nous croyons pouvoir affirmer d'avance que ce cubilot est loin de donner une économie quelconque de combustible; tout au plus y a-t-il un déchet de fonte moindre ainsi qu'une moindre décarburation, en ce sens que la fonte liquide n'est pas soumise, autant que dans les autres systèmes avec courant d'air ascendant, à une atmosphère plus ou moins oxydante.

VI

Combustion complète de l'oxyde de carbone.

Dans tous les systèmes passés en revue jusqu'ici, la transformation complète du coke en acide carbonique ne paraît avoir été considérée qu'en seconde ligne, tandis que c'est une des conditions les plus importantes pour une fusion économique; on ne paraît pas avoir tenu suffisamment compte du principe fondamental d'après lequel l'acide carbonique mis au contact de charbon chauffé au rouge cède à celui-ci la moitié de son oxygène en passant à l'état d'oxyde de carbone.

C'est ainsi que dans tous les cubilots à une seule rangée de tuyères à 700-800 $^{m}/^{m}$ au-dessus du fond du creuset, l'acide carbonique formé par la combustion du coke en face des tuyères dans la section *a a*, rencontre dans une section *a' a'* immédiatement supérieure une couche de coke incandescent et se transforme presque totalement en oxyde de carbone;



si cependant cet oxyde de carbone ainsi formé rencontre de l'air en volume suffisant (1 vol. O pour 2 vol. CO), il se produit de l'acide carbonique avec dégagement de chaleur. Si l'on tient compte de ce que 1 kilogr. de coke, à 8 0/0 de cendres par exemple, transformé en acide carbonique, dégage environ 7,434 calories, et que ce même coke transformé en oxyde de carbone n'en dégage que 2,275, soit 5,159 calories de moins, il en résulte que le système qui permettra la transformation de la plus grande partie du coke en CO^2 sera le plus avantageux et se rapprochera le plus de la théorie, sans compter que pour une même section l'on pourra fondre une plus grande quantité de fonte par heure.

Cubilot Voisin. M. Voisin paraît l'un des premiers avoir porté son attention sur ce point : il a cherché à déterminer d'abord aussi exactement que possible la hauteur de la zone de fusion au-dessus et en dessous de l'axe des tuyères ; il a trouvé que cette zone s'étendait au maximum à 150 $^{m}/^{m}$ environ de part et d'autre; on peut trouver alors facilement le niveau auquel il se forme le plus d'oxyde de carbone, en mesurant les températures aux diverses hauteurs; c'est à ce niveau que M. Voisin a placé une seconde rangée de quatre tuyères destinées à reformer de l'acide carbonique ; il créait ainsi une seconde zone de fusion.

Avec le cubilot Voisin indiqué dans les figures 27 et 28, (1) on a obtenu une consommation de coke de 8 kilog. pour 100 de fonte; la production a pu être augmentée d'environ 20 0/0 et on a été à même d'employer du coke de qualité inférieure ; un des avantages de ce système est aussi la facilité de son application à n'importe quel cubilot existant.

Cubilot d'Angers. — Le cubilot établi à l'école des Arts et Métiers d'Angers (2) a une disposition analogue (Fig. 29.); le profil en est cependant différent, en ce sens qu'il présente un rétrécissement au-dessus de la rangée de tuyères supérieure, tandis que le cubilot prédédent était simplement conique (3).

(1) Armengaud : *Publicat. industrielle*, vol. 22, p. 185.
(2) Armengaud : *Publicat. indust.*, vol. 22, p. 185.
(3) Les profils usités pour les cubilots Voisin ne sont pas nécessairement coniques, ainsi que l'indiquent les chiffres du tableau annexé à cette note.

Il y a quatre tuyères dans chaque rangée; celles d'en haut à section circulaire ont un diamètre de 55 m/m, les deux rangées sont espacées de 650 m/m. Avec une pression de 220 m/m d'eau, on est arrivé à fondre avec cet appareil 4,000 kilogr. de fonte par heure avec une consommation de coke de qualité moyenne de 8,4 à 9.3 0/0.

Cubilot Hamélius. — En 1880, M. Hamélius fit breveter à Paris un cubilot analogue aux précédents, avec cette différence qu'au lieu de desservir les tuyères supérieures avec une boîte à vent commune, celles-ci prenaient le vent sur cette boîte au moyen de tuyaux verticaux munis de registres; la même disposition se retrouve du reste dans le système Bichon.

Système Stewart (1). — Le cubilot Stewart, dont il a été souvent question en ces dernières années et qui est encore en vogue en Angleterre, comporte un perfectionnement par rapport au système Voisin, parce qu'il est muni de trois rangs de tuyères, celles de la rangée supérieure étant munies de robinets.

Stewart construisait ce cubilot avec ou sans avant-creuset, et rendait aussi en certains cas cet avant-creuset mobile sur rails.

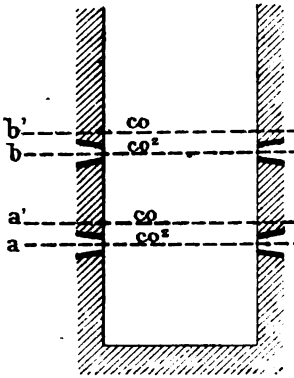
Une disposition spéciale permettait enfin d'amener dans la boîte à vent l'air chaud du creuset, et inversement d'injecter du vent froid dans celui-ci en vue d'un finage de la fonte.

Définition de la zone neutre. — Or, si l'on considère que *théoriquement* pour fondre 100 kilogr. de fonte, avec du coke à 8 0/0 de cendres par exemple transformé totalement en acide carbonique, il faut 4 kilogr. de coke (en cas de transformation en oxyde de carbone, il en faudrait 13,33 kgs), on voit que les cubilots à deux rangs de tuyères qui consomment 6 à 2,5 0/0 de coke de fusion (non compris le coke d'allumage) ne donnent pas encore tout ce que l'on peut attendre d'un cubilot parfait.

Cela tient évidemment à ce que, immédiatement au-dessus des tuyères *bb*, il y a une section *b'b'* jouant le même rôle par rapport à CO^2 produit en *bb*, que la section *a'a'* jouait par rapport à l'a-

(1) *Engineering*, 1884, p. 56.

cide carbonique produit en *aa*, quoique en proportions moindres.



parce que ces tuyères *bb* étant de dimensions plus petites la température y est moins élevée qu'en *aa* et la zone de fusion moins étendue.

C'est pourquoi on obtiendra toujours en dessus de *bb* une certaine quantité de CO qui s'échappera par le gueulard.

Il existe cependant nécessairement dans tout cubilot une zone quelconque dans laquelle les matières descendantes n'ont pas atteint encore la température de l'incandescence du coke, mais où les gaz ascendants sont assez chauds pour pouvoir s'enflammer au contact de l'air. Si donc on introduit de l'air par des tuyères commandant la zone ainsi définie, il y aura combustion de cet oxyde de carbone; une troisième rangée de tuyères en un seul plan horizontal très difficile dans ce cas à déterminer exactement. d'autant plus que les charges ne descendent pas toujours parallèlement, concentrerait la combustion des gaz dans ce plan et élèverait bientôt la température suffisamment pour porter le coke à l'incandescence, de sorte qu'une réduction de l'acide carbonique serait de nouveau possible.

On arrive ainsi naturellement à une nouvelle solution consistant à disposer la série de tuyères destinée à desservir la zone qui vient d'être définie et que l'on pourrait appeler la *zone neutre*, non plus en un seul plan, mais suivant une courbe quelconque embrassant une certaine hauteur du cubilot.

Système Norris. — Cette disposition était déjà employée en 1855 d'une façon très primitive et probablement sans connaissance de l'avantage que l'on pouvait en tirer en l'adaptant judicieusement; B. Kerl (1) cite un cubilot Norris « avec profil élargi » vers le haut, soufflé au vent chaud et muni de six tuyères dis» posées en hélice sur la périphérie, de sorte que le courant d'air

(1) Bruno Kerl : *Handbuch der Metall. Hüttenkunde*, 1855, et *Berg und Hüttenzeitung* de la même année.

» arrive dans la colonne des charges à différentes hauteurs.....
» la préparation rapide des chargements avec une chaleur aug-
» mentant très vite, en accélère la descente et donne une fonte
» très liquide... »

Cette répartition de la zone de fusion sur une certaine hauteur n'a pas dû donner de bons résultats, surtout au point de vue de la régularité de la descente des charges et du déchet de fonte qui devait être considérable.

Cubilot Greiner et Erpf. — Un nouveau système qui mérite que l'on s'y arrête plus longuement et qui est basé complètement sur les considérations théoriques exposées ci-dessus, est celui breveté en faveur de MM. Greiner et Erpf de Chisnyoviz *(Chisnovoda)* en Hongrie, qui en avaient exposé un modèle à l'Exposition nationale hongroise de Budapest en 1885.

Les inventeurs ont distribué au-dessus des tuyères inférieures sur une hauteur variant de $1^m,300$ à $1^m,500$ déterminée par divers essais, et suivant une hélice, de petites tuyères fournissant l'air nécessaire à la combustion de l'oxyde de carbone échappé à la partie inférieure du cubilot; ce gaz brûle ainsi dans toute cette zone avec des flammes bleues, et la chaleur dégagée qui est insuffisante pour porter le coke au rouge est complètement utilisée au chauffage des charges descendantes.

Dans les premiers cubilots installés avec cette disposition on avait alimenté les petites tuyères par une boîte à vent en fonte ou en tôle, en forme d'hélice, qui prenait elle-même l'air sur la boîte à vent des tuyères inférieures ou sur les tuyaux d'amenée d'air, par deux conduites verticales munies de valves (fig. 30); il n'était pas possible ainsi de régler le vent pour chacune des petites tuyères ou d'en fermer l'une ou l'autre à volonté suivant la marche du fourneau, de façon à les utiliser rationellement ; de plus cette boîte était coûteuse et de construction trop compliquée.

Dans la nouvelle disposition définitivement adoptée pour tous les cubilots récemment installés, on a remplacé la boîte en hélice par un certain nombre de tubes verticaux embranchés sur la boîte à vent inférieure et munis chacun d'une valve de réglage (Fig. 31 et 32).

On est parvenu de cette façon en pratique, avec un règlage convenable de la pression et de la quantité de vent donnée aux petites tuyères, à n'obtenir au geulard que des gaz presque tièdes ne contenant qu'une proportion minime, voire même nulle de CO.

Dans le cubilot d'essai de Chisnyoviz on a constaté une consommation de coke de fusion de 3 kilogr. seulement pour 100 kilogr. de fonte, le coke d'allumage comportant par fusion 175 à 200 kilogr. La pression du vent aux tuyères inférieures ne comportait que 18 à 25 m/m de mercure (245 à 340 m/m d'eau), sans qu'il fût nécessaire de l'augmenter, le nombre considérable des orifices d'introduction d'air dans le cubilot permettant un rapide accroissement de la production pour une faible augmentation de pression; aux petites tuyères on réduisait la pression à 200 et 160 m/m d'eau.

Une circonstance qu'il importe de faire ressortir ici et qui est spécialement propre au système Greiner et Erpf, c'est que lorsque le coke d'allumage n'est pas encore brûlé en totalité et que la quantité d'oxyde de carbone en excès qui passe devant les petites tuyères de la zone neutre est encore considérable, il est possible, ainsi qu'ont permis de le constater les divers essais, de réduire le poids du coke dans les charges dans une proportion correspondant à la chaleur développée par la combustion de cet oxyde de carbone; c'est ainsi que l'on peut expliquer facilement une anomalie apparente consistant en ce que la consommation de coke de fusion dans ce cubilot peut être réduite à près de 3 kilogr. 0/0, tandis qu'en théorie il faut environ 4 kilogr. C'est une utilisation rationnelle du coke d'allumage dont les avantages se font sentir surtout lorsque l'on ne fond que de petites quantités à la fois.

Ajoutons enfin que la disposition Greiner et Erpf peut s'adapter facilement à n'importe quel cubilot existant, moyennant une dépense de 160 à 200 francs au maximum.

Nous mentionnerons ici des résultats comparatifs obtenus dans divers établissements qui ont adopté le système Greiner et Erpf :

	CUBILOT DE CHESTOVIE (1)		SOCIÉTÉ "UNION" WESTPHALIE		GREINER ET ERPF (2) de la Société de Construction à Prague	GREINER ET ERPF (3) de la fonderie de Schlik Budapest
	Ancien système à 2 tuyères	Le même transformé en Greiner et Erpf	Cubilot ordinaire Ireland	Le même transformé en Greiner et Erpf		
DATE DES ESSAIS :	1883	1883	1886	1886	1885	1885
Nombre total de charges.	207	136	Moyenne de 3 mois	Moyenne de 7 fusions	414	213
Fonte par charge. . Kg.	400 à 500	400 à 500	»	»	400	400
Coke — . . »	38 à 54	10 à 15	»	»	16	16
Fonte chargée totale. »	96.800	57.600	302.400	95.200	165.000	85.200
Coke de fusion total. »	9.156	1.613	29.195	5.015	6.556	3.307
Coke de fusion 0/0 de fonte. 0/0	9.46	2.80	9.65	5.26	3.95	3.88
Coke total 0/0 (allumage compris). 0/0	12.28	6.27	15.71	9.18	5.97	6.68

Citons enfin les résultats suivants :

(1) Société anonyme des hauts fourneaux et fonderies de la Louvière (Belgique) :

2 cubilots Voisin de 800 m/m de diamètre ont donné par la transformation une économie de coke de 35 0/0.

(2) Ateliers de construction du comte Stolberg (Magdebourg) : un cubilot de 500 m/m de diamètre et un autre de 700 m/m ont indiqué une consommation de coke de fusion de 3,2 0/0 seulement; on avait d'abord réduit à 3,0 0/0, mais les cubilots s'engorgeaient très vite.

(3) Ateliers d'Andritz de la Société Alpine Autrichienne : avec un cubilot de 800 m/m de diamètre on a consommé 5,01 kilogr. 0/0 de coke de Westphalie.

(4) Enfin des essais tout récemment faits aux établissements Cokerill à Seraing ont donné une économie de coke de 25 0/0 sur

(1) Le cubilot avec lequel ces essais ont été faits est celui représenté par la figure 30.

(2) Les dimensions du cubilot de la Société de construction de machines à Prague étaient : diamètre, 800 millimètres; 2 rangs de tuyères : distance de ces tuyères au fond du creuset, 540 et 650 millimètres.

(3) Le cubilot de la fonderie Schlick, de Budapest, avait un diamètre de 850 millimètres, et une seule rangée de tuyères à 780 millimètres au-dessus du fond du creuset.

la consommation ordinaire avant l'application du système Greiner; ces cubilots desservent l'aciérie Bessemer et y fonctionnent parfaitement avec une pression de vent de 220 $^{m}/^{m}$ d'eau.

Nous ajouterons enfin que le système Greiner et Erpf est en montage dans diverses usines importantes parmi lesquelles nous citerons : le Creusot, les établissements de MM. Ferry et Curricque à Micheville (Meurthe-et-Moselle), etc., etc.

On voit que les économies obtenues avec les tuyères en hélice sont très importantes et que le système que l'on vient d'étudier est celui qui a donné jusqu'à présent les meilleurs résultats pratiques, grâce à l'application simple et judicieuse à la fois du principe le plus important pour le travail dans les cubilots, celui de la *combustion totale* de l'oxyde de carbone.

Malgré toutes nos recherches nous n'avons pu obtenir d'analyses des gaz du gueulard de ce cubilot, et cette circonstance est regrettable en ce sens qu'elle eût permis d'établir théoriquement les avantages de cet appareil déjà confirmés par la pratique.

VII

Cubilots alimentés au gaz.

Dans tous les cubilots dans lesquels le combustible est en contact direct avec la fonte en fusion, il faut toujours éviter l'emploi d'un coke impur qui peut communiquer à celle-ci des éléments nuisibles, notamment lorsque cette fonte doit être utilisée pour la fabrication des aciers. On a cherché ainsi à séparer le combustible du métal à fondre en n'agissant sur ce dernier que par les gaz, auquel cas le combustible peut être quelconque.

Cubilot Dufréné. — C'est sur ce principe qu'était basé le cubilot H. Dufréné (Paris 1881) muni d'un gazogène situé à l'avant de l'appareil (fig. 33 et 34.); la fonte avec les additions éventuelles (ferraille, etc.) est placée sur un grillage en matériaux réfractaires de bonne qualité, au-dessus du creuset, et les gaz pénètrent dans le métal à travers le grillage mélangés préalablement

à de l'air chauffé par sa circulation autour des parois du gazogène.

Cubilot Besson. — M. F. Besson de Lyon a fait breveter de même, en 1881, un cubilot au gaz pour fusion rapide, muni d'une sorte de chalumeau (fig. 35), qui développe une très forte chaleur dans l'appareil; il y avait en outre au-dessus du creuset une tuyère spéciale destinée au finage de la fonte.

Système Bramall.—En 1884, M. C. Bramall de Sheffield a proposé un cubilot marchant également au gaz et muni d'un régénérateur à quatre chambres, dans le genre de celui des fours à sole Siemens, et que traversent les gaz du gueulard tantôt à droite tantôt à gauche; ce système suppose cependant que ces gaz sont à une température relativement élevée, ce qui ne serait évidemment que le résultat d'une mauvaise conduite du cubilot.

Dans tous ces appareils il faut nécessairement veiller avec soin au maintien d'une flamme réductrice lorsque l'on veut obtenir des fontes grises; lorsque l'on fond des fontes de puddlage, il est facile d'obtenir un finage à l'aide d'une flamme oxydante, mais on s'expose dans ce cas à avoir des déchets considérables.

Cubilot Krigar a deux cuves. — Un système spécial breveté en faveur de M. Krigar de Hanovre, mentionné déjà dans ce qui précède, peut être de même considéré comme fonctionnant au gaz, avec cette différence très importante cependant que la fonte liquide arrive au contact des cendres de coke à la partie inférieure de l'appareil avant d'entrer dans l'avant-creuset.

Ce cubilot comporte deux cuves distinctes (fig. 36); l'une fermée à la partie supérieure est destinée à recevoir le combustible, et forme en quelque sorte le gazogène de l'appareil; l'autre reçoit simplement la fonte et les additions éventuelles telles que ferraille, castine. Le vent sous pression s'introduit dans la cuve-gazogène au-dessus de l'avant-creuset et traverse la partie inférieure de la colonne de combustible pour remonter ensuite par la seconde cuve contenant la fonte.

On ne se rend pas bien compte de l'avantage que peut offrir une telle disposition.

Système Riley. — L'application la plus intéressante et la plus pratique des gaz à la fusion au cubilot, est celle faite par M. Riley aux usines de Blochairn à Glasgow (1) pour la fabrication de l'acier sur sole; dans ce système on réduit la durée des opérations dans le four à réverbère en y faisant arriver la fonte déjà liquide. A cet effet M. Riley dispose, à la suite du four à réverbère, un cubilot alimenté par les gaz du gazogène soufflé du four et dans lequel on charge la fonte éventuellement additionnée de riblons d'acier, sans aucun combustible (fig. 37). La production au four à réverbère a été ainsi augmentée de 10 0/0 environ; l'avantage principal de cette disposition consiste en ce que l'oxydation du carbone et du silicium a lieu déjà dans le cubilot même, de sorte que l'opération dans le four à sole est bien plus rapide.

M. Siemens (2) mentionne des essais faits dans le même ordre d'idées à Landore par M, *Hackney* avec un appareil analogue; ces essais n'ont pas réussi, paraît-il, parce que l'on chargeait aussi du coke au cubilot, de sorte que la décarburation ne pouvait avoir lieu que dans le four à réverbère dans lequel l'action de la flamme oxydante sur le bain de métal recouvert de scories est trop lente.

Avec les appareils de Blochairn la fonte liquide arrivait sur la sole du four à réverbère deux heures après la mise en marche du gazogène; on avait d'abord chargé au cubilot de la fonte seule; on a essayé ensuite des additions de riblons d'acier de 10 0/0 d'abord, puis on est allé jusqu'à 10 tonnes par tonne de fonte; mais dans ce cas la garniture du four ne résistait plus à la corrosion (3).

La consommation de combustible dans le gazogène paraît avoir été réduite à 7,2 kilogr. pour 100 kilogr. de fonte chargée au cubilot; la production de celui-ci par heure était de deux tonnes.

Il faut noter encore que déjà, en 1844, *Joshua Marshall Heath* avait pris un brevet pour un four à réverbère combiné avec un cubilot ordinaire pour la fabrication de la fonte et de l'acier avec addition de manganèse (4); l'appareil était muni d'un chalumeau à oxyde de

(1) Meeting de l'*Iron and Steel*, automne 1885.

(2) Meeting de l'*Iron and Steel*, automne 1885.

(3) L'emploi de fonte liquide au four à réverbère a été déjà souvent essayé, notamment pour le puddlage; mais on a toujours échoué par suite de l'usure rapide des soles de fours. Récemment encore (1885), le système Dujardin a été bréveté en Belgique; ces fours à puddler paraissent avoir fonctionné sans difficultés et économiquement.

(4) Mentionné par M. H. Bessemer au meeting de l'*Iron and Steel*, automne 1885.

carbone et de tuyères; cependant Heath chargeait aussi du coke au cubilot; il devait en résulter les mêmes inconvénients que dans les essais de M. Hackney.

VIII

Modification de la composition des fontes au cubilot.

Dans ce qui précède on n'a étudié les cubilots qu'au point de vue de la transformation de la fonte solide en fonte liquide avec un combustible quelconque : coke ou gaz, sans s'être arrêté spécialement à la composition chimique de ces fontes ni aux additions éventuelles. La teneur en matières étrangères des fontes refondues aux cubilots étant cependant un facteur très important, soit qu'on les destine à des moulages, soit surtout que l'on s'en serve pour la fabrication des aciers sur sole ou au convertisseur, il en a été tenu compte dans certaines constructions.

Dans le cas de moulages, la teneur en carbone joue un rôle moindre que le phosphore et le soufre; on sait qu'une certaine proportion de phosphore est nécessaire en vue de la fluidité de la fonte et du remplissage bien exact des moules; s'il y en a trop, les pièces perdent en ténacité ce qu'elles gagnent en forme; le soufre en faible quantité jusqu'à 0,06 0/0 n'est pas un inconvénient; si cette proportion augmente, on s'expose à avoir des soufflures; la fonte est visqueuse et se moule mal.

Dans le cas d'emploi pour aciers la teneur en carbone est un des points les plus importants surtout pour le travail au convertisseur, et une décarburation au cubilot doit être sinon évitée, du moins réduite à un minimum, quelquefois même augmentée; il en est de même de la teneur en silicium.

Enfin, la teneur en manganèse, en cas de fusion de Spiegel pour Bessemer ne peut être réduite au cubilot qu'avec perte, puisque les fontes manganésées se paient généralement d'après la proportion 0/0 de manganèse qu'elles contiennent.

Au cas où les fontes sont employées pour le puddlage du fer, il faut, au contraire, réduire la teneur en carbone, et les cubilots munis de tuyères, dirigées vers le creuset, ainsi que ceux avec

tuyères spéciales pour le finage (Besson), sont à recommander, en cas d'emploi de fonte de seconde fusion pour cette opération; un excès de manganèse est de même nuisible, parce qu'il donne à la scorie une trop grande fluidité, ce qui réduit la production.

Les cas d'emploi de fontes au cubilot pour le puddlage sont cependant très restreints, et il n'est pas nécessaire de s'y arrêter ici.

Calcaire. — Un moyen usité partout, en vue d'éviter une trop grande décarburation de la fonte lorsqu'elle traverse sous forme de gouttelettes la zone de fusion où elle rencontre un courant de gaz plus ou moins oxydant, sans tenir compte de la forme du cubilot, consiste dans l'addition aux charges d'une certaine proportion de calcaire (castine), soit 15 à 30 kilogr. par charge; cette proportion est déterminée d'après la teneur en cendres du coke, de façon à obtenir avec ces cendres une scorie de composition convenable qui enveloppe en partie les gouttelettes de fonte dans la zone de fusion et empêche l'oxydation en même temps qu'elle permet de réduire le déchet. Au cas où il y a intérêt à éviter la présence du soufre dans la fonte, et lorsque le coke employé en contient, il faut chercher à obtenir une scorie basique qui se chargera du soufre du coke au lieu de le laisser passer dans la fonte.

Qualité du combustible. — La qualité du combustible chargé au cubilot joue aussi un rôle important, aussi bien au point de vue chimique qu'au point de vue physique.

Le soufre contenu dans les cendres du coke a, en effet, une tendance à passer dans la fonte, et on vient de voir que cela peut être évité par une scorie basique; à cet effet, l'on met des charges de castine plus fortes; cette castine nécessitera évidemment une consommation plus élevée de combustible et le prix de revient en sera augmenté.

Il en est de même lorsque le coke est très cendreux, sans compter que, dans ce cas, il n'a souvent qu'une faible ténacité; il s'effrite sous les charges, la descente de celles-ci dans le cubilot est irrégulière, et enfin il arrive qu'une partie du poussier de coke produit s'échappe enlevée par le vent dans la cheminée sans avoir été utilisée.

La porosité du coke est aussi un facteur à considérer, en ce

sens qu'un coke très dense donne toujours plus d'acide carbonique qu'un coke poreux, présentant une grande surface de contact à l'air.

Oxygène en excès. — La présence d'oxygène en excès dans les gaz a de même une influence chimique défavorable, car il y a une décarburation plus forte, en même temps que le déchet en est augmenté sensiblement, à moins toutefois que la zone de fusion ait une étendue très faible, auquel cas la fonte est exposée moins longtemps à l'action de ces gaz, ainsi que cela paraît être le cas dans le cubilot Herbertz par exemple.

Teneur en manganèse — Quant à la teneur en manganèse de la fonte et notamment du Spiegel, elle se réduit fortement au cubilot, outre qu'une grande partie de ce manganèse passe dans la scorie, surtout lorsque la température est basse ; il y a encore une perte considérable de cette matière en cas d'une scorie acide, d'une température trop élevée et d'une faible pression de vent. Des analyses publiées par M. de Köppen (1) et se rapportant à la fusion au cubilot du Spiegel pour Bessemer, indiquent une augmentation de Si, C, Ph et S, et une diminution de Mn. L'augmentation des premières substances par la fusion résulte en réalité du déchet de fonte ainsi qu'il a été dit plus haut, et, en ce qui concerne le carbone, probablement d'une charge de coke plus considérable qu'avec de la fonte ordinaire ; les proportions des trois substances les plus importantes ont varié d'après M. de Köppen comme il suit, dans cinq opérations différentes :

TENEUR EN	I		II		III		IV		V	
	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS	AVANT	APRÈS
	la fusion au cubilot.									
Si. . . 0/0	0.14	0.50	0.12	0.49	0.12	0.42	0.40	0.66	0.33	0.41
Mn. . . »	14.81	8.96	14.25	10.52	14.98	11.06	16.24	10.98	14.93	12.03
C . . . »	3.98	4.13	4.40	4.62	4.48	4.60	4.62	4.96	3.63	3.67

(1) *Dingler Polyt. Journal*, 1879, vol. 232, page 53.

Quant à la scorie de ces fusions, elle se composait en moyenne de 33,63 0/0 SiO_2 ; 21. 45 0/0 CaO ; 11,73 0/0 Al_2O_3 ; 20,47 0/0 Mn et 5,95 0/0 Fe.

Injection de matières étrangères. Système Batty.— On a cherché aussi à influer sur la composition des fontes par l'introduction de matières étrangères dans les cubilots ; Dingler (1) cite un cubilot inventé par Batty, de New-York, qui propose d'injecter par les tuyères du combustible pulvérisé, tel que du charbon déposé sur les parois des cornues à gaz ou bien des résidus de la distillation du pétrole, qui ne laissent pas de cendres. Batty voulait éviter ainsi l'action oxydante du vent en excès, en ce que, tout l'oxygène se combinant immédiatement au carbone injecté, il y a une flamme neutre ou même réductrice, empêcher la formation de nez aux tuyères, obtenir une température plus élevée et réduire le déchet ; il nous semble que ces résultats peuvent être obtenus par des moyens beaucoup plus simples (2).

Cubilot Voisin-Bichon — Un autre système qui a été fort répandu en France est le système Voisin-Bichon à injection de pétrole ou d'huiles lourdes au moyen de tubes de petit diamètre branchés sur deux réservoirs à pétrole et débouchant dans deux tuyères opposées de la rangée inférieure ; un tube de plus grand diamètre débouche dans la cuve à une certaine hauteur, soit pour permettre l'écoulement du pétrole à la partie inférieure, soit pour obtenir un échauffement des huiles lourdes par les gaz du cubilot (Fig. 38 et 39). Le principal avantage de cette disposition consiste dans la possibilité d'obtenir de hautes températures en cas de fusion de gros bocages, grâce à l'emploi des huiles lourdes ; nous ne disposons pas de données sur les essais qui ont pu être faits avec cet appareil et qui seraient intéressants au point de vue du prix de revient. Dans le cubilot Voisin-Bichon, les tuyères de la rangée supérieure sont desservies chacune par une tubulure spéciale, ce qui permet de régler à volonté l'introduction du vent. et on nous a affirmé qu'en fermant la rangée supérieure dès le

(1) *Dingler Polyt. Journal*, 1877, vol. 224, p. 105, d'après *Polytechnic-Review*, 1875.

(2) L'injection de combustible en poudre a été essayée à plusieurs reprises, soit aux hauts fourneaux, soit au convertisseur Bessemer (système Braconnier, par exemple), mais sans que les résultats obtenus aient été favorables et à la hauteur des frais d'installation des appareils.

commencement de la fusion et à la fin, on obtenait de la fonte très chaude au début de la fusion, et qu'il était possible de passer à la fin un chargement de fonte non recouvert de combustible.

Système Herdlitschka. — Une disposition plus scientifique que pratique inventée par M. Herdlitschka (1) comporte deux cubilots accolés et communiquant par les creusets (Fig. 40 et 41). Ces cubilots destinés à fonctionner alternativement sont munis chacun d'un régénérateur de chaleur placé à la partie supérieure de la cuve ; des matières étrangères destinées à l'épuration de la fonte sont introduites au-dessus de ces régénérateurs par des injecteurs à vapeur.

Après la fusion de la fonte dans l'un des compartiments, le bain métallique étant rassemblé dans le creuset commun, les ouvertures de ce compartiment sont toutes fermées ; on fait fonctionner l'injecteur correspondant et les réactifs échauffés dans les régénérateurs sont forcés de traverser sous pression la fonte liquide ; il est nécessaire d'enlever préalablement par une porte spéciale les scories et le coke non consumé du compartiment par lequel se fait l'injection. M. Herdlitschka prétend enlever ainsi une grande partie du soufre et du phosphore de la fonte par injection de vapeur d'eau, de carbures d'hydrogène, etc. Il n'est guère probable que cet appareil ait fonctionné quelque part.

Coke avec minerai manganésifère. — Citons encore un procédé breveté en 1884 en faveur de la Société des aciéries de Longwy, consistant dans l'emploi au cubilot d'un coke spécial obtenu par un mélange de houille et de minerai manganésifère dans les fours à coke ordinaires ; la scorie produite est assez basique, au dire des nventeurs, pour enlever toute trace de soufre de la fonte.

Cubilot Ibrugger. — En 1879 M. Ibrügger (2) a établi à Norden un cubilot à section rectangulaire avec faces convexes, analogue au four Raschette, muni de 36 fentes en deux rangées (Fig. 42 et 43). Le creuset proprement dit était séparé de la zone de fusion par une paroi en matériaux réfractaires ; les gaz se dirigeant de haut en bas, comme dans le cubilot Krigar à aspiration

(1) *Dingler Polyt. Journal*, 1880. vol. 4, p. 318.
(2) *Dingler Polyt. Journal*, 1880, vol. 245, p. 14.

décrit précédemment, passaient sur la fonte du creuset et de l'avant-creuset, et protégeaient ainsi cette fonte contre l'oxydation, de sorte que la teneur en carbone total de cette fonte restait presque constante; une tuyère supplémentaire aboutissant au creuset et destinée à obtenir dans celui-ci la combustion complète des gaz, permettait en même temps de rendre la flamme oxydante si nécessaire.

Des essais faits dans ce cubilot par M. Jüngst à Gleiwitz (1) ont montré que la même fonte refondue 3 à 4 fois gagnait en qualité et que le graphite se transformait lentement en carbone combiné. La pression du vent étant de 620 $^{m}/^{m}$ d'eau, la consommation totale de coke n'a atteint que 10 %; ce cubilot a servi aussi avec avantage à fondre jusqu'à 40 % de ferraille placée dans le creuset où elle se mélangeait à la fonte liquide; les résultats obtenus paraissent avoir été satisfaisants.

Système Krupp. — Nous citerons enfin pour compléter cette série d'appareils une disposition brevetée en 1878 en faveur de M. F. Krupp, destinée spécialement à la purification de la fonte (2); elle est basée sur ce principe que si l'on fait fondre dans un four à cuve à parois neutres et dont le creuset est garni d'une matière basique ou neutre de la fonte mélangée à des oxydes de fer basiques avec ou sans addition d'oxyde de manganèse ou de chaux, cette fonte perd une grande partie du manganèse, du silicium, du soufre et du phosphore qu'elle contient.

La fonte mélangée au minerai (Fe. O) est fondue d'abord dans un premier cubilot, puis elle se déverse par un trop-plein dans le cubilot épurateur proprement dit, muni de deux rangées de tuyères et dans lequel on charge du minerai frais et du coke. Les essais faits dans un petit appareil provisoire ont donné des résultats assez remarquables pour que nous supposions utile de les reproduire ici:

(1) *Eisen Zeitung*, 1885, p. 678.
(2) *Dingler polyt. Journal*, 1880, vol. 235, p. 373.

TENEUR 0/0 EN	C	Si	Mn	Cu	Ph
Fonte impure.	3.730	0.470	3.560	0.250	0.600
Fonte purifiée. Essai I..	3.000	0.004	0.128	»	0.136
— — — II.	3.400	0.005	0.210	»	0.187
— — — III	3.400	0.002	0.470	»	0.210

Le minerai employé pour l'épuration contenait : 98,20 0/0 d'oxyde de fer, 0,54 0/0 d'acide phosphorique et 0,10 0/0 de chaux ; la scorie la plus riche en phosphore qui ait été obtenue a donné à l'analyse : 5,28 0/0 d'acide phosphorique, 26,30 0/0 d'oxyde de manganèse (Mno) 41,28 0/0 d'oxyde de fer (Feo) et 17,60 0/0 de silice ; elle contenait de plus : CaO = 1,46 0/0, MgO = 0,36 0/0 et S = 0,66 0/0.

IX

Conclusion.

Il résulte de cette étude que les résultats les meilleurs au point de vue des prix de revient de la fonte en seconde fusion au cubilot, ont été obtenus avec les appareils dans lesquels il a été tenu surtout compte de la combustion complète de l'oxyde de carbone (Voisin, Bichon, Greiner et Erpf). L'emploi de l'air chaud avec utilisation des gaz du gueulard, le remplacement du vent sous pression par le tirage naturel ou à la vapeur, l'injection de matières étrangères par les tuyères ou autrement, ne paraissent pas avoir donné d'économie sérieuse.

Les perfectionnements que nous croyons utile de chercher encore dans le travail des cubilots porteraient ainsi sur la modification de la composition des fontes et sur le déplacement des substances nuisibles, en vue de l'emploi ultérieur de ces fontes, soit pour la fabrication des aciers, soit enfin pour le puddlage du fer.

Ces résultats peuvent être obtenus ou bien par l'addition de matières étrangères dans les charges ou dans le creuset, ou bien par

l'emploi d'une garniture spéciale des parois des cubilots; ceux-ci ne seraient plus alors de simples cuves destinées à amener la fonte à l'état liquide, mais bien des appareils sidérurgirques perfectionnés, permettant d'éviter les dispositions coûteuses et compliquées de la déphosphoration au convertisseur et du four à sole basique, sur lesquels les métallurgistes ont concentré en ces derniers temps tous leurs efforts. Il serait plus simple, il est vrai, d'obtenir directement les mêmes effets au haut fourneau; mais de nombreuses recherches faites dans ce sens n'ont pas abouti en raison de la trop grande dimension de ces appareils, de la diversité des matières chargées dont le choix est généralement restreint, et de la difficulté de régler la marche du haut fourneau en cas de compositions de chargements (lits de fusion) trop compliquées.

En l'état actuel des choses cependant, il faut constater que les résultats les meilleurs obtenus jusqu'à présent dans la seconde fusion de la fonte, sont dus à l'application simple et judicieuse par MM. Greiner et Erpf du principe appliqué déjà dans le cubilot Voisin, dans le cubilot d'Angers, etc., puis employé avec amélioration par M. Bichon; aussi croyons-nous que ce système nouveau, malgré ses avantages marqués par rapport aux autres appareils, ne jouit pas encore de l'attention qu'il mérite de la part des ingénieurs de fonderies et d'aciéries en seconde fusion.

Le tableau ci-contre annexé à cette note contient des données relatives aux dimensions, à la production et à la consommation de combustible de 33 cubilots de constructions diverses et permettra de se rendre compte plus exactement, et d'un seul coup, des avantages obtenus au point de vue du combustible avec les divers systèmes les plus usités actuellement.

DONNÉES COMPARÉES DE DIVERS CUBILOTS

N° D'ORDRE	SYSTÈME DU CUBILOT	DIMENSIONS DES CUBILOTS			TUYÈRES		CHARGES		PRESSION du vent en millimètres	CONSOMMATION DE COKE		PRODUCTION moyenne par heure en tonnes	OBSERVATIONS
		Hauteur utile	Diamètre de la cuve	Diamètre à la zone de fusion	Nombre	Diamètre en millimètres	Fonte par charge	Coke par charge	Eau	pour la fusion	Totale		
		mètres	mètres	mètres			Kilog.	Kilog.		0/0	0/0		
1	Fonderie royale Gleiwitz	»	0.63-0.78	»	2	»	150	39	»	20.0	27.7	»	
2	— de Berlin	2.20	0.630	»	4	40	125	20	»	16.0	22.0	»	D'après le calendrier allemand *Hütte*.
3	K. Marienhütte Zwickau	3.07	0.800	»	2	118	275	45	»	16.4	19.2	2.0	
4	— —	2.83	1.274	»	3	118	475	75	»	15.8	18.0	3.0	
5	Usine de Hongrie	4.50	1.000	0.90	4 + 4	100	500	80	»	15.2	17.02	»	
6	Usine de Magdebourg	2.20	0.04	»	»	»	200	26.5	»	8.83	15.0	2.75	
7	Ireland à Hörde	4.71	1.10	»	4 + 8	»	500	65	»	13.0	14.0	»	D'après *Hütte*.
8	Gerhardi (Ireland)	3.14	0.96	»	4 + 8	68 / 130	250	25	400	10.0	13.5	2.4	
9	Système mobile Saint-Gervais	1.68	0.24 / 0.15	0.265	3	65-70	50	6	»	»	13.48	»	D'après M. Maillard.
10	Ireland (Borsig)	3.76	0.94	»	4 + 8	»	750	50	»	5-7.5	13.0	»	D'après *Hütte*.
11	Krigar (Zwickau)	4.60	0.94	»	»	»	500	42	»	8.4	13.0	»	
12	Krigar en Prusse	3.40	0.80	0.60	2	400/35	400	6	500	6.5	13.0	2.0	D'après M. Fehland.
13	Krigar (Silésie)	4.40	0.785	0.785	4	157	475	85	450	7.4	13.0	2.7 à 4.0	
14	Krigar	3.50	0.52	0.50	2	360/78	»	»	»	6.0	13.0	»	D'après M. Kerpély.
15	Ireland (Britannia foundry)	3.71	1.143	0.686	20	»	1.016	76	»	8 à 9	10-12.0	6.1	
16	Krigar (Westphalie)	3.70	1.10	0.74	1	»	500	36	250	7.2	12.0	5.5	D'après M. Fehland.
17	Voisin	4.55	0.90	»	4 + 4	»	»	»	230	8.0	11.0	»	
18	Fonderie de Nevers	3.30	0.45 / 0.75	0.48	6	140	300	21	165	6.26	10.63	1.35	D'après M. Maillard.
19	Fonderie de Saint-Gervais	3.70	0.65 / 1.18	0.82	6	200	800	56	»	5.71	11.28	»	
20	Krigar (usine saxonne)	3.67	0.95	0.75	3 + 6	16 et 7	1.000	73	»	7.3	9.8	»	D'après *Hütte*.
21	Woodward (Liverpool)	3.81	0.76	0.69	4 + 8	178 / 76 — 50	500	25	»	5.0	8.12	»	(8.12 0/0 nous paraît un peu exagéré.)
22	Ibrügger (Gleiwitz)	»	»	»	36	»	300	25	620	»	10.0	»	*Dingler Polyt. Journal*.
23	Scheffield (Vent chaud)	11.28	1.22 / 1.37	1.22	4 + 4	»	500	77	»	6-7.0	»	»	
24	Gmelin (Budapest)	4.0	0.85	0.85	2	200	»	»	375	7.5	»	4.8	
25	Voisin à Pompey . . . . . I.	4.05	900 / 960	960 / 660	4 + 4	80-50	gros	bocages	»	9.5	11.0	3.0	
26	— . . . . . II.	4.05	700 / 750	750 / 550	4 + 4	80-50	»	»	»	7.5	9.0	2.5-2.8	
27	Angers (École Arts et Métiers)	4.00	0.60	0.48	4 + 4	70 / 70 — 55	500	25	220	»	9.3	4.0	
28	Herbertz (Cologne) . . . . . *a*	3.56	0.90	0.70	1	$2\pi R = 2^m4$ $h = 15\text{-}20$	500	63	— 65	10.4	12.7	»	D'après *Eisen et Stahl*.
29	— . . . . . *b*	3.56	0.90	0.70	1	»	500	25	— 65	5.0	9.9	»	
30	Cubilot ordinaire Chisnyóviz	3.60	0.70	0.70	2	215 / 190	450	45	»	9.46	12.28	»	
31	Greiner et Erpf —	3.60	0.70	0.70	2 + 11	215 / 190 — 25	450	12.5		2.8	6.27	»	
32	Greiner et Erpf (Budapest)	»	0.85	»	4 + 15	»	400	16	»	3.88	6.68	»	Certificats de ces établissements.
33	Greiner et Erpf (Prague)	»	0.80	»	4 + 4 15	»	400	16	»	3.95	5.97	»	

TABLE DES MATIÈRES

Pages

§ Ier

Premiers appareils usités pour la fusion de la fonte, fig. 1, 2 et 3. 723
Cubilot à tuyères superposées, fig. 4 725

§ II

Emploi du vent chaud, utilisation des gaz du gueulard, fig. 5 et 6. 725
Cubilot Ronchain, fig. 7. 726
Cubilot de Woolwich, fig. 8 727
Système Tittl et Erndt, fig. 10. 727
Cubilot de Scheffield. 727
Cubilot combiné de Daelen, fig. 11 et 12. 728

§ III

Influence du profil des cubilots 729
Cubilots Gerhardi et Ireland, fig. 13 et 14. 729
Cubilots de Saint-Gervais et Nevers, fig. 15 et 16. 730
Refroidissement des parois 731
Cubilot d'Albany, fig. 17. 731
Cubilot Gmelin, fig. 18 731

§ IV

Répartition égale du vent. 732
Tuyère Lawrence, fig. 19 et 20 733
Cubilots Bocard, fig. 21, M. Kenzie, Fauler. 734
Cubilot Krigar, fig. 26 734

§ V

Cubilots avec aspiration du vent. 735
Cubilots Zintgraff, Heaton, Canham. 735
Cubilot Woodward, fig. 22. 736
Cubilot Herbertz, fig. 23. 736
Cubilot Krigar à tirage forcé, fig. 24 et 25 738

VI

Combustion complète de l'oxyde de carbone 739
Cubilot Voisin, fig. 27 et 28 740
Cubilot d'Angers, fig. 29. 740
Cubilot Hamelius 741
Système Stewart 741
Définition de la zone neutre. 741
Système Norris 742
Cubilot Greiner et Erpf, fig. 30, 31 et 32. 743

§ VII

Cubilots alimentés au gaz. 746
Cubilot Dufrêné, fig. 33 et 34 746
Cubilot Besson, fig. 35 747
Système Bramall.. 747
Cubilot Krigar à 2 cuves, fig. 36. 747
Système Riley, fig. 37, Hackney, Heath 748

VIII

Modification de la composition des fontes au cubilot 749
Calcaire 750
Qualité du combustible 750
Oxygène en excès. 751
Teneur en manganèse. 751
Injection de matières étrangères. 752
Système Batty 752
Cubilot Voisin-Bichon, fig. 38 et 39 752
Système Herdlitschka, fig. 40 et 41. 753
Coke avec minerai manganésifère. 753
Cubilot Ibrügger, fig. 42 et 43 753
Système Krupp. 754

§ IX

Conclusion. 755
Table 758

CUBILOT

AVEC

COMBUSTION COMPLÈTE DE L'OXYDE DE CARBONE DANS LA CUVE

PAR

M. HAMÉLIUS

Dans les cubilots à deux étages de tuyères, les tuyères supérieures, qui ont pour but de brûler l'oxyde de carbone produit par réduction, n'ont aucune action au commencement de la fusion et restent fermées tant que les cokes d'allumage s'y trouvent. Il en résulte, par suite de la grande production d'oxyde de carbone par réduction durant la combustion du coke d'allumage, qu'une quantité notable d'oxyde de carbone s'échappe, à la mise en feu, en pure perte au gueulard.

Afin d'utiliser cet oxyde de carbone produit au moment de l'allumage du four, j'établis, depuis trois ans, les cubilots avec trois séries de tuyères, dont la troisième s'ouvre dans la cuve à une hauteur de (2^m,20 au-dessus des tuyères inférieures) où le coke des charges n'a pas encore atteint son point d'ignition, où donc les jets d'air, introduits même en excès, ne peuvent brûler que l'oxyde de carbone. J'assure ainsi l'utilisation de l'oxyde de carbone produit par réduction pendant toute la durée de la fusion et la combustion complète du coke au profit de la fusion.

La figure 1 représente un cubilot à trois séries de tuyères dont la troisième est établie dans un plan horizontal.

Les premiers essais, qui ont été faits avec ce système de cubilot monté au mois de mars en 1885, à la fonderie de MM. Keyling et Thomas, à Berlin, m'ont fait constater qu'au moment de la mise en marche, la quantité d'oxyde de carbone produite par ré-

duction durant la combustion du coke d'allumage est telle, que l'on obtient à la troisième série de tuyères une fusion partielle de la fonte; maintenant, quand le coke d'allumage a disparu et que la série moyenne de tuyères entre en action, la quantité d'oxyde de carbone produite diminue tellement, que le commencement de fusion obtenu à l'étage de la troisième série de tuyères cesse. Alors les charges de fonte se figent et se fixent aux parois.

Pour obvier à cet inconvénient, il fallait de toute nécessité répartir la grande quantité de chaleur produite, au moment de la mise en marche, à la troisième série de tuyères, sur une plus grande masse de la colonne de fusion, c'est-à-dire placer cette série de tuyères dans un plan oblique qui embrasse ainsi un plus grand volume de la cuve, c'est-à-dire une plus grande masse des charges.

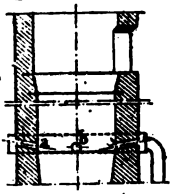
La figure 2 représente un cubilot à trois séries de tuyères dont la troisième est établie dans un plan oblique.

Cette série a une boîte à vent commune qui communique avec la boîte à vent principal par un conduit en fonte, muni à l'embouchure d'un papillon qui permet de régler la pression du vent.

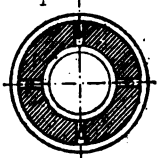
Ce système de cubilot, qui utilise surtout la grande quantité

Fig. 1. 1re Disposition.

Coupe verticale abcd.



Coupe horizle abcd.



La 2ème disposition ne diffère de la 1re que pour le nombre et l'installation des tuyères supérieures

Elevation et coupes ijkl.

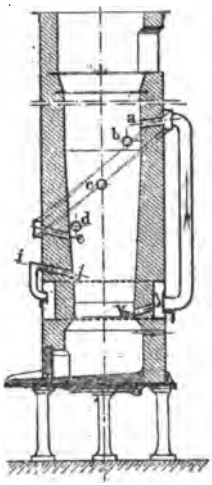
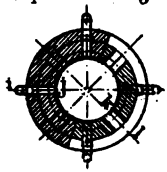


Fig. 2. 2e Disposition.

Projection horle d'une coupe passant par l'axe des tuyères supes abcdefgh.

½ Coupes horizles ijkl.



d'oxyde de carbone produite au moment de la mise en marche (ce qui explique la faible consommation de coke à la fusion, quand

cette fusion est de très courte durée), réalise la combustion complète de l'oxyde de carbone produit par réduction pendant toute la durée de la fusion et donne, suivant la durée de la fusion, avec une consommation *4 à 5 kilogr. de coke, pour 100 kilogr. de fonte, allumage non compris, une fonte très chaude et très pure.*

Remarques générales. — La quantité de coke que l'on consomme à l'allumage varie, pour un même four, avec la qualité de fonte c'est-à-dire avec la fluidité que l'on désire obtenir. Ainsi, quand il s'agit de produire de la fonte pour couler la pièce fine, la poterie, il est utile, afin d'obtenir une allure très chaude, de consommer à l'allumage de 50 à 100 kil. gr. de coke de plus, que quand il s'agit de couler la pièce mécanique.

Maintenant, comme le cubilot, avec combustion de l'oxyde de carbone à la cuve, utilise tout l'oxyde de carbone produit durant la combustion du coke d'allumage, il en résulte que, quand la fusion ne dure qu'une heure ou deux, la quantité de chaleur produite par la combustion de l'oxyde de carbone permet de diminuer dans une forte proportion la charge de coke nécessaire à la fusion, et même de supprimer cette charge pour les deux premières charges de fonte. Si dans ces conditions on établit la quantité moyenne des charges de coke, on arrive à déterminer en apparence la charge de coke, mais elle est fictive. Si d'autre part on prend en considération que certains directeurs déduisent de la quantité de coke consommée à la fusion, la quantité de coke que l'on retrouve à la mise hors feu à la fin de la fusion, on s'explique les chiffres très bas cités par certains certificats.

Dans la pratique, on arrive à fondre avec le chiffre théorique de 4 kilog. de coke par 100 kilogr. de fonte, dans le cas où la fusion n'est que de très courte durée, et où l'on utilise surtout la chaleur produite par la combustion de l'oxyde de carbone, provenant de la combustion du coke d'allumage.

Quand la fusion dure plus de deux heures, toute une journée par exemple, on dépense bien 5 kilogr. de coke par 100 kilogr. de fonte, sans compter les charges intermédiaires de coke que l'on fait au moment des arrêts.

Pour pouvoir apprécier les chiffres cités, il faudrait connaître : 1° les dimensions du four ; 2° la durée de la fusion soit la quan-

tité de fonte passée au four ; 3° la quantité du coke d'allumage ; 4° la provenance de la fonte passée au four (ainsi les fontes d'Ecosse, de Luxembourg, exigent 1/2 à 1 0/0 de coke en moins que la fonte de Nassau) ; 5° l'indication si la fonte obtenue sert à la fabrication de la pièce mécanique ou de la poterie ; 6° la quantité de déchet de la poterie à la cuisson lors de l'émaillage.

On sait que dans la fabrication de la poterie émaillée, les déchets diminuent quand on augmente considérablement les charges de coke, ce qui tend à prouver qu'en reportant le point de fusion vers le gueulard, les gouttelettes de fonte, en traversant une plus haute charge de coke incandescent, se surchauffent et se carburent.

Par le maintien des tuyères moyennes, je réalise la fusion au-dessus de ces tuyères, ce qui assure à la zone de haute température une hauteur suffisante pour surchauffer les gouttelettes de fonte qui la traversent.

NOTE

SUR

LE RECUIT ET L'AFFINAGE

DU FER, DE L'ACIER ET DE LA FONTE

DANS UN MILIEU RÉDUCTEUR

PAR

M. LENCAUCHEZ

Depuis longtemps on produit en France comme à l'Étranger une fonte recuite dite malléable, qui n'a jamais pu donner que des petits objets de faibles épaisseurs.

En effet, le recuit décarburant de cette fonte ne peut pénétrer qu'une profondeur très limitée du métal. Il est généralement obtenu en vase clos, par l'action de l'oxyde de fer (hématite) sur la fonte, en chauffant celle-ci au rouge pendant 4, 6 et 8 jours; l'oxygène du peroxyde se dégage en partie et réagit sur le carbone de la fonte; ilse dégage de l'oxyde de carbone qui remplit le vase clos en formant une atmosphère réductrice, un certain équilibre tend à se produire entre l'oxyde de fer et la fonte; l'un se réduit petit à petit, pendant que l'autre se décarbure; mais, cette action est limitée, car, si au début l'action due au contact est rapide et décarbure vivement la surface, on conçoit qu'au bout de quelques heures, l'action ne peut plus se continuer que par les gaz qui remplissent le vase clos et par l'exsudation lente du carbone qui, à la température de 1000 à 1100°, tend à se séparer de la fonte sous la forme de graphite.

Le recuit par la tournure de fer produit le même effet, mais lentement : voici ce qui se passe, toujours en vase clos ; quand l'enceinte est arrivée au rouge, la tournure est oxydée, d'abord par l'air qu'elle renferme et après par les produits de la combustion qui pénètrent par les joints et par porosité ; la tournure offrant une très grande surface en comparaison des pièces à recuire s'empare de l'oxygène et protège lesdites pièces contre une action trop oxydante ; quand cette tournure arrive à sa surface à l'état d'oxyde magnétique, elle se comporte comme l'oxyde du premier cas, l'échange de l'oxygène et du carbone se fait, la fonte malléable se produit avec l'atmosphère réductrice et de l'oxyde de carbone se dégage.

Ces diverses réactions ont tenté la sagacité des savants et dans ces derniers temps M. le Docteur Forquignon a fait des recherches sur le recuit direct par les gaz ; ses conclusions sont ainsi formulées (Thèses pour le doctorat 1881) :

« V. J'ai fait voir notamment pourquoi le concours d'un agent d'oxydation n'est plus indispensable à l'adoucissement, et pourquoi un tel agent ne produit quelquefois aucune amélioration sensible. »

« VI. J'ai montré qu'une fonte blanche, devenue malléable, contient toujours du graphite amorphe : j'ai fait ressortir la liaison qui existe entre le dépôt de ce graphite et la transformation correspondante de la fonte. »

« VII. J'ai reconnu que le graphite amorphe des fontes malléables est une variété spéciale de carbone, caractérisée à la fois par son mode de formation et par les propriétés de son oxyde graphitique. »

« VIII. J'ai trouvé que l'azote et l'hydrogène à la température du rouge vif décarburent la fonte blanche : une certaine quantité d'hydrogène demeure dans la fonte, combinée à ce qui reste de carbone. »

« IX. Des expériences sur l'acier ont confirmé et précisé les conclusions précédentes. Elles ont mis hors de doute l'existence d'un minimum prévu par la théorie, que j'ai prévu au chapitre IV.

Voulant voir si, dans la pratique, cette théorie pouvait être appli-

quée, j'ai entrepris pour des industriels, en 1885, une série de recherches qui, sans avoir été concluantes, peuvent cependant jeter un certain jour sur la question.

Chez M. A. Piat, mécanicien-fondeur à Paris, rue Saint-Maur, on a disposé un four renfermant une cornue de 1 mètre de long, chauffé utilement et de $0^m,300$ de diamètre, pouvant recevoir des charges de 100 à 120 kilos de fer, d'acier et de fonte.

Dans un bâtiment voisin, j'ai placé une grande batterie de flacons de 10 litres pour produire de l'hydrogène pur et de l'acide carbonique, avec laveur-épurateur de gaz, régulateurs de pression et compteurs, afin de pouvoir marcher à l'hydrogène pur et à l'hydrogène additionné d'acide carbonique ; la production était réglée pour me fournir un volume d'hydrogène de 4 à 5 mètres cubes par heure et un volume de 1 à 2 mètres cubes d'acide carbonique, sous pression effective de $0^m,030$ à $0^m,060$ d'eau.

De plus, j'ai monté un petit gazogène pour gaz à l'eau, pouvant me donner de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et de l'acide carbonique en quantité variable à volonté, sous pression de $0^m,060$ également ; ce gaz à l'eau était épuré et lavé ; il passait aussi par un régulateur de pression et un compteur.

J'avais plusieurs cornues de rechange en fonte de 20 millimètres d'épaisseur, et en terre réfractaire de 65 millimètres d'épaisseur ; le volume total des cornues était de :

$$n \times \overline{0^m,150}^2 \times 1^m,300 = 0^{m3},098 \text{ à } 100 \text{ litres ;}$$

mais comme les charges prenaient la moitié de ce volume au moins, il restait environ 50 litres d'espace libre ; ce qui fait que $4^{m3},000$ de gaz traversant la cornue, l'atmosphère de celle-ci était renouvelée

$$\frac{4^{m3},000}{50} = 80 \text{ fois par heure.}$$

Dans toutes mes opérations, la température intérieure de la cornue était maintenue au rouge vif, température difficile à dépasser, aussi bien pour les cornues en fonte que pour celles en terre cuite, types des usines à gaz, que j'ai portées par exception à 1300° environ dans un dernier recuit de tôles et de barres d'acier laminé.

1er. — EXSUDATION DE LA FONTE. — La cornue étant chargée de fonte de Longwy, nos 2 et 3 de moulage, cassée en morceaux de 0k,500 à 1 kilog., a été maintenue au rouge vif (fusion de l'argent) pendant 100 heures. Le gaz qui la traversait avait les compositions suivantes à son entrée et à sa sortie

Gaz de gazogène à l'eau.	Gaz avant son entrée dans la cornue.	Gaz sortant de la cornue.
—	—	—
H.	63.18.	46.80
CO	5.54.	22.40
CO^2	22.22.	4.14
Az	9 06.	26.66
	100.00.	100.00

Quand, après 100 heures de recuit, j'ai ouvert la cornue, j'ai remarqué que la fonte qui se trouvait dedans n'était pas du tout déformée, pas plus que ladite cornue ; que tous les morceaux avaient bien conservé leur forme primitive, mais qu'ils avaient sué une multitude de petits grains sphériques, depuis la grosseur du plomb de chasse n° 8 à 10 jusqu'à celle des chevrotines, et qu'une partie de ces grains s'était réunie en coulée dans le fond de la cornue en fonte, sans y adhérer : ce qui m'a fait penser que je me trouvais en présence d'un métal profondément modifié.

Le gaz qui sortait de la cornue sous une pression de 0m,030 d'eau était lavé, puis barbotait dans un flacon renfermant une dissolution de sulfate de cuivre, qui était rapidement transformé en sulfure noir ; preuve évidente que l'hydrogène enlevait du soufre à la fonte ; mais cette désulfuration se fait avec une excessive lenteur, car, au bout de 100 heures, le précipité noir se formait avec la même rapidité qu'à la première heure.

Un morceau de fonte qui avait été pesé avant l'enfournement avait un poids de 1k,085 ; au défournement, son poids n'était plus que de 1k,080 ; il avait donc perdu 5 grammes, soit 0.45 0/0.

M. L'Hôte, qui a fait toutes mes analyses, a déterminé la composition des trois échantillons qui m'intéressaient : 1° la fonte

avant traitement; 2° la fonte recuite et 3° la coulée du métal exsudé.

	Fonte brute.		Fonte recuite.		Fonte exsudée
Graphite	2.55	3.58	1.33	3.33	0.00
Carbone combiné. .	1.03		2.00		1.65
Phosphore	1.80		1.07		0.15
Soufre	0.45		0.22		0.15
Silicium.	5.68		5.06		9.63 (1)

Il est permis de conclure de ce tableau :

1° Que l'acide carbonique s'est chargé de carbone pour passer à l'état d'oxyde CO, puisque la fonte recuite a diminué en carbone de :

$$3.58 - 3.33 = 0.25,$$

ce qui est bien peu pour 100 heures de recuit ;

2° Que la moitié environ du phosphore et du soufre ont été chassés ;

3° Qu'un métal ne renfermant que du carbone combiné est beaucoup plus fusible que la fonte ordinaire, quoique ne renfermant que la moitié du carbone total ;

4° Que le recuit prolongé tend à diminuer la quantité de graphite d'une fonte, pour augmenter considérablement la quantité de carbone combiné, qui, ici, passe de 1.03 à 2.00 en 100 heures.

5° Qu'une fonte de fer peut laisser exsuder un corps nouveau ne renfermant plus trace de graphite, fusible à une température beaucoup plus basse qu'elle-même, plus riche qu'elle en silicium et très pauvre en soufre et en phosphore.

En outre, on remarquera que, dans cette opération, près de 30 0/0 de l'hydrogène s'est échappé de la cornue par diffusion et qu'une notable partie d'azote a pénétré dans la cornue; car si de l'azote n'était pas entré dans la cornue (sous pression de 0,030 d'eau), on aurait pu en trouver 13 à la sortie du gaz, et non pas

(1) M. L'Hôte fait observer « que le produit restant dans la nacelle de platine ne présente pas le caractère de la silice pure. — Ce chiffre de 9.63 est douteux. — Cette matière fondue ne se comporte pas à l'analyse comme les autres échantillons. M. Carnot, directeur du Bureau des essais de l'École supérieure des mines, n'a d'ailleurs trouvé que 1,235 0/0 de silicium.

26,66. Lorsque l'on arrêtait l'introduction du gaz le vide se faisait immédiatement dans la cornue et j'en ai constaté de 0^m120 d'eau.

§ 2. — Action de l'oxyde de carbone pur sur le fer doux (fil de fer recuit). — J'ai voulu savoir si l'oxyde de carbone a une action sur le fer doux à la température rouge blanc. Pour ce, au laboratoire de M. L'Hôte, nous avons chauffé un tube en porcelaine rempli de fil de fer décapé, bien essuyé et frotté au papier d'émeri; nous l'avons fait traverser par un courant d'oxyde de carbone pur et sec sous pression de $0^m,100$ d'eau. Le gaz sortant du tube troublait l'eau de baryte, il renfermait de l'acide carbonique.

Dans 100 de métal :

1° On a trouvé avant le recuit au gaz 0,130 de carbone;

2° On a trouvé après le recuit au gaz 0,075 de carbone;

3° Durée du recuit : 6 heures.

Comme on le voit, en 6 heures, le fil de fer de 2 millimètres de diamètre perd près de la moitié de son carbone, malgré une pression de dix centimètres d'eau, sans doute parce que de l'acide carbonique du foyer a traversé la porcelaine (1).

Il ne faudrait pas conclure que le fer est décarburé par l'oxyde de carbone, car dans une note en date du 16 décembre 1884, M. Jacomety, directeur de l'aciérie de MM. Wendel, dit :

« Le fer et l'acier, chauffés dans un courant d'oxyde de car-
» bone, absorbent jusqu'à 1 0/0 de carbone. »

§ 3. — Action de l'hydrogène sur l'acier fondu moulé. — Avant de faire connaître le recuit obtenu avec ce gaz, je dois dire deux mots sur sa diffusion.

La cornue en fonte a été chauffée au rouge, température de la fusion de l'argent comme précédemment, mais vide. Le gaz était produit par une batterie de flacons générateurs et obtenu par l'acide chlorhydrique sur la tournure de zinc pur (dite d'art) ; ce gaz était deux fois lavé et épuré à la soude caustique, il était maintenu dans la cornue sous la pression effective de $0^m,035$ milli-

(1) Voir les travaux de M. Sainte-Claire Deville et les résultats trouvés par Graham.

mètres d'eau; voici sa composition avant son entrée dans la cornue et celle qu'il avait à sa sortie :

	Avant son entrée.	Après sa sortie.
H.	96.80	59.09
Az	3.20	27.25
Carbures divers de H . . .	0.00	1.51
CO	0.00	11.36
CO^2	0.00	0.75

On voit donc que malgré la pression de $0^m,035$ millimètres d'eau, les gaz de la flamme du fourneau ont traversé la cornue en fonte épaisse de $0^m,020$ millimètres, à l'exception de l'acide carbonique, très probablement dû à la vapeur d'eau et à l'action réductrice de l'oxyde de carbone sur les parois de ladite cornue, lequel CO^2 n'entrait pas pour 1 0/0 dans le volume total du gaz de sortie.

La cornue, ayant été ouverte, est chargée de 80 kilogrammes de fer au coke de dernière qualité, dit fer fendu, on a continué à faire passer le gaz pendant 120 heures.

Après le défournement, M. L'Hôte a analysé des copeaux de fer pris sur toutes les barres avant et après le recuit.

	Avant le recuit.	Après le recuit.
Carbone combiné	0.02	0.02
Phosphore	0.33	0.19
Soufre	0.10	0.05

On voit que le gaz a été sans action sur le carbone, qu'il a enlevé plus d'un tiers du phosphore et la moitié du soufre. A la fin de l'opération, c'est-à-dire après 120 heures, les dissolutions de sel de cuivre et d'argent donnaient des précipités noirs, comme au début, ce qui prouve l'extrême lenteur de ce genre d'affinage. Quant au gaz, à la sortie, il avait sensiblement la même composition que ci-dessus, la quantité de gaz, qui a traversé la cornue, a toujours été de 4 mètres cubes à l'heure environ, soit un total de 500 mètres cubes accusés par le compteur.

§ 4. — Action de l'acide carbonique pur. — La cornue a été chargée de déchets d'acier fondu moulé et de fonte ordinaire après décapage, rinçage et séchage; le gaz était produit par l'action

de l'acide chlorhydrique sur des débris de marbre blanc, il était deux fois lavé : 1° dans une lessive de carbonate de soude, puis dans de l'acide sulfurique à 66°, afin de le sécher; la charge d'acier et de fonte était de 88 kilogrammes.

Le gaz à l'entrée était donc de l'acide carbonique pur, peut-être avec 1 ou 2 0/0 d'azote et d'oygène, mis en liberté par l'eau des flacons générateurs; le volume écoulé était aussi de 4 mètres cubes par heure, sous la pression de 0 m, 035 d'eau ; le gaz qui sortait de la cornue barbotait dans une solution de sel de cuivre ou d'argent, où il n'a donné lieu à aucun dépôt ou précipité quelconque.

La durée de ce recuit a été de 6 jours (cent quarante-quatre heures.)

Voici la composition moyenne du gaz sortant de la cornue, d'après quatre analyses de M. L'Hôte.

CO^2	38.00
CO.	52.10
Az.	9.90
	100.00

Les produits de ce recuit n'ont pas été analysés, mais ils ont été soigneusement examinés à la forge. Ils étaient enveloppés d'une couche d'oxyde de 0m, 0025 d'épaisseur se détachant au moindre choc.

Le métal au-dessous de cette couche était décarburé comme la fonte malléable ordinaire et se forgeait comme celle-ci; d'où il suit, qu'on est en droit d'admettre que la croûte d'oxyde se comportait, comme l'aurait fait l'hématite dans la pratique courante pour la production de la fonte malléable et de l'acier fondu-moulé.

J'ai été amené à admettre que pour le recuit au moyen des gaz, H, CO et CO^2 devaient seuls intéresser:

1° Que H et CO devaient dominer, afin de former toujours et même à la sortie de la cornue une atmosphère réductrice;

2° Que 4 volumes d'hydrogène, 1 d'oxyde de carbone et 1 1/2 à 2 d'acide carbonique formaient à l'entrée une atmosphère convenable ;

3° Que l'hydrogène enlevait le soufre d'abord et le phosphore en partie ;

4° Que l'oxyde de carbone était sans action sensible, mais pouvait neutraliser au besoin l'action oxydante de l'acide carbonique ;

5° Que l'acide carbonique dans la proportion de 1 volume pour 3 à 4 volumes de gaz réducteurs H et CO pouvait passer à l'état d'oxyde de carbone, en s'emparant du carbone de la fonte, sans l'oxyder, jusqu'à la limite de 0.6 0/0 de carbone combiné.

En effet, quand il y a oxydations et réductions successives, il y a dégagement de vapeur d'eau par moment, mais quand pour 1 volume de CO^2, il y a 3 et 4 volumes de gaz réducteurs, on ne voit jamais de vapeur d'eau dans l'échappement de gaz sortant de la cornue.

Il est donc probable que le gaz de gazogène à l'eau pourrait remplacer avec avantage l'hématite dans la fabrication de la fonte malléable, et dans celle des aciers fondus, moulés et recuits ; mais en même temps, il faut remarquer que les opérations ne marchent pas plus vite par les gaz que par l'hématite, ainsi que je le ferai voir plus loin.

§ 5. — Action de l'hydrogène et de l'acide carbonique purs, obtenus par voie humide. — Ayant remarqué qu'à la sortie de la cornue, le gaz de gazogène à l'eau renfermait encore 46 0/0 de H, tandis que le gaz obtenu par voie humide n'en renfermait pas plus de 59 0/0, j'ai pensé que dans la pratique le gaz à l'eau coûtant entre 8 et 15 centimes le mètre cube pouvait très avantageusement remplacer l'hydrogène pur à 2 fr. 10 le mètre cube à 0° et à 76 ; que d'un autre côté, dans le recuit en vase clos, l'hydrogène emportait le soufre et l'acide carbonique, le carbone ; enfin que, dans la pratique, ce n'est qu'au gaz à l'eau qu'on peut recourir.

Le recuit fait avec un mélange d'hydrogène et d'acide carbonique a duré 160 heures ; pour un volume de CO^2 on avait toujours 3 volumes et 3 volumes 1/4 à 3 volumes 1/2 de H, le volume total écoulé par heure était de 4 mètres cubes en moyenne sous la pression constante de 0,035 m. d'eau.

La cornue a été chargée de petites pièces en acier moulé fondu, de la fabrication de M. A. Piat ; comme précédemment le gaz à la sortie de sa cornue barbotait dans une solution de sulfate de cuivre, où il donnait un précipité noir ; malheureusement au bout de huit jours, ce précipité se produisait avec autant d'abondance que le

premier et cependant les plus fortes pièces chargées n'avaient que 0,025 m. d'épaisseur, *ce qui démontre l'extrême lenteur de cet affinage à la température de la fusion de l'argent, le métal restant solide pendant* toute la durée de cette opération, bien entendu.

Voici la moyenne de quatre analyses faites par M. l'Hôte, donnant la composition du gaz à son entrée et à sa sortie de la cornue.

	à l'entrée.	à la sortie.
H	73.55	54.13
CO^2	21.35	5.32
Az	6.10	19.35
CO		21.20
	100.00	100.00

Ce recuit avait été fait concurremment à un autre de M. A. Piat à l'hématite et pour des pièces semblables.

Voici la composition du métal avant et après ces recuits :

	Acier fondu brut de creuset	Le même recuit à l'hématite	Le même recuit au gaz
	—	—	—
Graphite	1.80	0.00	0.00
Carbone combiné	0.66	2.46 — 0.61	0.60
Phosphore	0.09	0.08	0.05
Soufre	0.21	0.30	0.15
Silicium	0.61	0.28	0.12

Essayé à la forge à chaud et à froid, tous les échantillons semblaient se valoir. Comme qualité d'acier fondu moulé, le recuit au gaz ne semblait pas avoir donné de supériorité appréciable sur le recuit à l'hématite et d'un autre côté le recuit au gaz ne semble pas faire gagner de temps sur le recuit à l'hématite.

§ 6. — RECUIT AU GAZ A L'EAU DES ACIERS ET TOLES BESSEMER DES PROCÉDÉS DITS ACIDE ET BASIQUE. — Les tôles et aciers Bessemer soudant généralement mal, on peut attribuer ce défaut de soudabilité à la présence du soufre : il y a donc intérêt à savoir quelle est l'action du recuit au gaz d'eau, sur les tôles destinées à la fabrication des tubes soudés pour chaudières à vapeur, etc...

Mais comme il y aurait intérêt à élever la température, il faudrait avoir recours à la cornue en terre réfractaire (type des usines à gaz) la fonte ne pouvant plus résister dans ce cas.

La cornue en fonte a été remplacée par une cornue en terre réfractaire de la Compagnie Parisienne du Gaz et de mêmes dimensions intérieures que la précédente. Je l'ai chargée de tôles diverses et d'aciers moulés fondus de M. Piat, formant un total de 120 kilogrammes, puis j'ai chauffé au blanc, 1,300° environ.

J'ai voulu savoir si l'hydrogène passait plus facilement à travers 65 m/m de terre cuite à 1,300 degrés qu'à travers 20 m/m de fonte à 1,100°.

Voici la moyenne de deux analyses du gaz avant son entrée dans la cornue et après sa sortie de celle-ci ; étant bien entendu que les prises prolongées pendant une demi-heure, comme pour toutes mes autres opérations précédentes, sont faites en même temps, les appareils étant en marche normale et régulière ; le gaz étant à la pression de 0,035 m. millimètres d'eau dans la cornue.

	Gaz à l'eau		
	Avant son entrée dans la cornue	Après sa sortie de la cornue	
	—	—	
H.	38.50. . . .	28.80	38.85
CO	1.60. . . .	10.05	
CO_2.	28.50. . . .	5.45	
Az	11.60. . . .	55.70	
	100.00	100.00	

Comme il est facile de le voir, la perte de gaz est beaucoup plus grande qu'avec la cornue en fonte, puisqu'il ne reste plus que 28 d'hydrogène au lieu de 46 0/0, comme dans le premier cas.

Mais, la somme des gaz réducteurs est encore de 38 à 39, pour 5 à 6 0/0 d'acide carbonique, au plus ; l'atmosphère de la cornue reste donc finalement éminemment réductrice, puisqu'en volume on a le rapport

$$\frac{CO + H}{CO^2} = \frac{38,85}{5.45} = \frac{7}{1}$$

Quant au volume écoulé pour assurer la pression de 0,035 m. milli-

mètres d'eau, il a été en moyenne par heure de 2 mètres cubes 215 litres de gaz, ramené à 0° et à 76.

Le gaz, à sa sortie, a barboté dans trois flacons laveurs assemblés en dérivation ;

1° Dans celui renfermant du sulfate de cuivre, il y a eu, comme précédemment, production du sulfure noir ;

2° Dans celui renfermant du chlorure de cuivre, aucune action sensible ne s'est manifestée à la vue ;

3° Dans le dernier renfermant du nitrate d'argent, il y a eu précipité et dépôt grisâtre.

A l'analyse de tous les précipités de cette opération, comme de toutes les autres, M. L'Hôte a toujours trouvé du soufre, à l'état de sulfure de cuivre ou d'argent ; mais le phosphore n'a été trouvé que rarement, en traces non dosables.

Ainsi donc le gaz à l'eau et les cornues en terre réfractaire peuvent convenir pour le recuit au gaz.

Après 120 heures effectives de recuit, on a défourné : Voici les résultats obtenus d'après les analyses de M. L'Hôte.

Les aciers de M. A. Piat étaient bien recuits et pouvaient se comparer à ceux de sa bonne fabrication courante ; il était donc inutile de recommencer l'analyse à leur sujet.

ANALYSES et ESSAIS	BESSEMER ACIDE			
	ACIER EN BARRES de 30 mill. × 15 mill.		TÔLES D'ACIER de 5 mill.	
	Avant	Après	Avant	Après
Graphite	0.00	0.00	0.00	0.00
Carbone combiné	0.35	0.05	0.25	0.10
Phosphore	0.12	0.08	0.11	0.10
Soufre	0.35	0.36 (1)	0.28	0.10
Limite d'élasticité	29k4	30k0	34k1	23k7
Charge à la rupture	40k7	40k7	40k8	37k7
Allongement °/.	19	22	26	27

L'examen de ce tableau fait voir que le recuit n'a pas donné grand'chose, comme propriété physique, seule l'analyse fait voir

(1) Barre forgée après recuit à la forge maréchale.

que le réchauffage au feu de forge a sulfuré le métal, mais, il faut remarquer que ce métal ne soudait pas avant le recuit et qu'après il soudait fort bien.

J'ai contrôlé ce dernier fait plus tard, MM. Laveissière et fils m'ayant remis des tôles Bessemer soudant mal, je les ai recuites, ainsi que je viens de le faire voir et d'une façon identique ; puis je les ai renvoyées à leur laminoir près d'Anzin, où se trouve leur fabrique de tubes. Le 3 décembre 1885, M. Louis Laveissière m'adressait une lettre disant :

« Les six bandes en question provenaient de trois qualités » d'acier dur à souder et nous avons pu constater que le recuit » leur avait donné de la soudabilité ; nous avons transformé ces » bandes en tubes avec un travail satisfaisant. »

ANALYSES et ESSAIS	BESSEMER BASIQUE			
	BARRES de 50 mill. × 15 mill.		TÔLES D'ACIER	
	Avant	Après	Avant	Après
Carbone combiné	0.10	0.18	0.01	0.25
Phosphore	0.02	0.02	0.00	0.03
Soufre	0.05	0.14	0.05	0.08
Limite d'élasticité.	28k0	26k08	29k4	23k7
Charge à la rupture.	43k9	42k1	39k4	37k5
Allongement °/₀.	20.5	21.0	17	21

Ici, on remarque que le recuit a fait perdre beaucoup de qualité à l'acier, ainsi que le font voir l'analyse chimique et les essais physiques : on a gagné seulement quelque chose en allongement, ce qui est commun à tous les recuits quelconques.

Dans sa note du 16 décembre 1884, M. A. Jacomety m'avait bien prévenu pour ce cas particulier, car il disait :

« En volume 3 H et 1 CO^2, à la température du rouge au » jaune oxydant ; la fonte, le fer et l'acier cèdent rapidement le » soufre à l'hydrogène, le carbone est brûlé, moins les dernières » traces retenues énergiquement par le fer ; le carbone éliminé, le » soufre disparaît rapidement.

» Mais, le fer et l'acier, chauffés dans un courant d'oxyde de » carbone CO, absorbent jusqu'à 1 0/0 de carbone.

» L'action est la même avec 3 volumes de CO et 1 volume de » CO^2, mais beaucoup plus lente. »

Avant de terminer ce paragraphe, je ferai remarquer que les personnes qui m'avaient chargé de ces recherches, avaient en vue la fabrication en grand de l'acier fondu moulé et celle de la fonte malléable : elles pensaient pouvoir faire un véritable affinage du métal en lui enlevant le carbone, le soufre, le phosphore et le silicium ; elles poussaient même leurs illusions jusqu'à croire que le recuit au gaz pouvait remplacer tous les systèmes d'affinage.

Comme il est facile de le voir, entrer dans une telle voie ne pouvait être que ruineux, puisqu'en huit jours, en agissant sur des petites pièces de 4 à 20 $^{m}/^{m}$ d'épaisseur, on arrive à grand'peine à enlever la moitié des corps nuisibles que l'affinage a pour but de chasser.

Ainsi donc un four, chauffé 8 à 10 jours, aurait moins produit de besogne, qu'un four à puddler en deux heures : *le prix de revient de l'affinage au gaz et en vase clos, sans plus d'examen peut bien être évalué à cent fois celui de l'affinage par les méthodes connues.* J'aurais pu enterrer la question, puisque pour le moment rien de pratique ne s'est dégagé de mes recherches ; mais j'ai pensé rendre un service à la métallurgie en l'éclairant sur ce sujet, puis, dans l'avenir, on trouvera peut-être d'autres applications dans l'emploi des gaz.

Analyses de divers gaz de chauffage pouvant recevoir un emploi industriel.

Tous les gaz dont on trouve l'analyse au tableau ci-contre sont supposés obtenus avec des combustibles ordinaires ramenés tous au prix moyen de trente francs (30 francs) la tonne de 1,000 kilos utiles, déduction faite des cendres et de l'humidité (1).

Pour le gaz de cornue n° 9, on suppose qu'il est produit en grand et que ses sous-produits sont vendus ou placés pour leur valeur

(1) Ce prix de 30 francs est le plus élevé en pratique industrielle. Si, dans une localité, le prix réel est de 15 francs, les résultats donnés par ce tableau sont à diviser par 2 ; s'il est de 10 francs, ils sont à diviser par 3 ; et enfin s'il est de 5 francs par tonne, ils sont à diviser par 6.

calorifique également à 30 francs les 1,000 kilos utiles pour les goudrons et coke: de plus, on admet que les cornues sont chauffées dans des fours à gaz à chaleur récupérée et à gazogènes utilisant les poussiers de coke additionnés de goudron, etc., que le sulfate d'ammoniaque obtenu des eaux (dites ammoniacales) est vendu 30 francs les 100 kilos, l'acide sulfurique pour le fabriquer ne coûtant que 8 francs les 100 kilos à l'usine.

Comme il est facile de le voir par l'examen de ce tableau, c'est le gaz hydrogène n° 8, sensiblement pur (à 93,55 °/₀), qui est le plus coûteux de tous les combustibles industriels.

DÉSIGNATION	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7	N° 8	N° 9
	Gaz des gazogènes de Saint-Denis (Société des métaux) Gaz Lencauchez de coke	Gaz dit Dowson d'anthracite seulement	Nouveaux gazogènes Loncauchez pour combustibles secs, anthracite, coke, etc.	Anciens gazogènes distillateurs Lencauchez houille fine et poussier à coke	Nouveaux gazogènes distillateurs à cendriers fermés pour poussier à coke ou à gaz d'éclairage	Gazogènes Lencauchez pour production partielle de gaz à l'eau, coke, etc.	Gaz à l'eau ordinaire de coke, d'anthracite et autres combustibles secs	Gaz hydrogène industriel dû à la décomposition de la vapeur d'eau par le carbone	Gaz d'éclairage ordinaire de houille dite à gaz Gaz de cornues
CO	21.76	18.29	27.32	21.41	22.76	36.55	46.50	4.65	6.25
H	10.83	26.55	18.34	2.39	11.53	33.30	43.25	86.15	20.00
$C^2 H^4$	1.10	»	1.25	4.49	5.13	1.10	1.15	1.30	58.00
$C^4 H^4$	1 38	1.11	1.55	2.09	2.10	1.15	1.20	1.45	9.50
Vapeurs de goudron	traces	traces	traces	0.80	0.90	traces	traces	traces	1.25
O	0.00	0.47	»	»	»	»	»	»	»
Az	61.36	42.28	47.84	64.16	53.66	24.00	4.00	7.20	3.50
CO^2	3.57	11.30	3.60	3.78	3.85	4.00	4.00	0.65	1.50
SO^2	»	»	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	traces
HS	»	»	0.06	0.04	0.04	0.06	0 06	0.07	traces
	Gaz brut	Gaz lavé	Gaz lavé	Gaz brut	Gaz lavé	Gaz lavé	Gaz lavé	Gaz lavé et épuré à la chaux	Gaz lavé et épuré à l'oxyde de fer
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Puissance calorifique du m^3 à 0° et à 76.	1.210 calories	1.280 calories	1.520 calories	1.475 calories	1.895 calories	2.120 calories	2.710 calories	2.686 calories	5.650 calories
Calorique perdu par la guzéification	18 °/₀	25 °/₀	13 °/₀	15 °/₀	10 °/₀	17 °/₀	20 °/₀	66 °/₀	15 °/₀
Prix de revient du m^3 à 0° et à 76.	0f00c80	0f01c15	0f01c00	0f00c75	0f00c90	0f02c00	0f02c50	0f09c70	0f05c00
Prix de mille calories	0f00c66	0f00c95	0f00c65	0f00c51	0f00c48	0f00c94	0f00c93	0f03c61	0f00c89
Prix comparatif à 0° et à 76.	1,38	1,99	1,35	1,27	1,00 Valeur de l'unité de comparaison	1,92	1,91	7,52	1,85

CHRONIQUE

Sommaire. — Renversement d'un train par le vent. *(Suite et fin).* — Traversée rapide de l'Atlantique. — Navires de guerre anciens et récents. — Statistique des correspondances postales. — Production du fer en 1886.

Renversement d'un train par le vent. (*Suite et fin*). — Pour déterminer l'effort de renversement, considérons le premier wagon renversé. Les dimensions sont : longueur de la caisse, $l = 6{,}700^{m}$, hauteur à partir du rail, $h = 3{,}52^{m}$, distance du bas de la caisse au rail, $a = 0{,}853^{m}$, tare $P = 6{,}224$ kilogrammes.

En négligeant l'action du vent sur les roues et en ne la considérant que sur la caisse, on a, en appelant x la pression horizontale nécessaire pour renverser le wagon et δ la largeur de la voie ;

$$x\left(a+\frac{h-a}{2}\right) > P\frac{\delta}{2}$$

d'où

$$x\left(\frac{a+h}{2}\right) > P\frac{\delta}{2}$$

Si on appelle y la pression horizontale du vent par mètre carré, on a $x = (h-a)\,l\,y$;

$$\text{d'où } (h-a)\,l\,y\left(\frac{a+h}{2}\right) > P\frac{\delta}{2}$$

$$\text{et par transformation } \left(\frac{h^2-a^2}{2}\right) l\,y > P\frac{\delta}{2}$$

$$\text{d'où } y > \frac{P\,\delta}{(h^2-a^2)\,l}.$$

Dans l'hypothèse où la direction du vent fait un angle de 10 degrés avec l'horizontale, Q étant la pression du vent par unité de surface, on aurait $y = Q \cos. 10^{\circ}$.

$$\text{et } Q \cos. 10^{\circ} > \frac{P\,\delta}{(h^2-a^2)\,l}$$

$$\text{et enfin } Q > \frac{P\,\delta}{(h^2-a^2)\,l \cos. 10^{\circ}} \qquad (1).$$

En remplaçant les lettres par les valeurs indiquées plus haut, on arrive à trouver $Q > 125$ kilogr. par mètre carré (1).

(1) Dans la note de M. de Nordling que nous avons rappelée précédemment, la pression la plus faible correspondant à l'équilibre est de 131 kilogrammes par mètre carré.

La formule de Weisbach, $W = 0{,}002455\ V^2$ donne pour la vitesse V, en remplaçant la pression W par la valeur précédente de Q (W et V étant exprimés en anciennes mesures prussiennes), 107 pieds ou 31m,20 par seconde.

D'après la classification du professeur Mon, un vent animé d'une vitesse de 28 mètres par seconde est déjà un ouragan, de sorte que le vent qui a renversé le train se rapproche sensiblement d'un tourbillon ou cyclone.

Les renseignements recueillis plus tard de la station météorologique d'Elisabethgrad ne permettent pas de décider si le vent du 11 au matin était la fin de la course d'un cyclone tropical ou si c'était un courant local provenant d'un fort échauffement du sol produit par le soleil brûlant de juin, c'est-à-dire à l'époque de la formation dans l'Europe centrale des pressions barométriques maxima et minima et à l'époque où la température atteint dans le district d'Elisabethgrad son maximum de 35 degrés.

Il semble indispensable de faire entrer en ligne de compte le relief du terrain, car la force du vent peut aussi avoir été modifiée par la présence du remblai amenant un changement de direction par rapport à celle que les molécules aériennes avaient sur la steppe environnante. Ce remblai avait une hauteur moyenne de 1,05m et était étendu sur une pente à faible inclinaison orientée dans une direction opposée à celle du vent. Les parties environnantes, comme du reste la nature générale du gouvernement de Kherson, sont des steppes très étendues et présentent une dépression en forme de ravin dont la direction est à peu près normale à la pente du terrain et. par conséquent, au remblai existant sur le lieu de l'accident. L'ouragan, qui parcourait la plaine dans une direction faisant théoriquement un angle de 10 degrés par rapport à l'horizontale, a pu, à la rencontre de la pente de la colline, redresser cette direction et prendre celle de l'horizontale ; l'axe du ravin dont il a été question tout à l'heure a son axe longitudinal exactement dans le sens du vent de S.-S.-O., dont la direction a été constatée le 11 juin au matin à la Nouvelle-Ukraine.

Il convient de faire observer que, dans le district d'Elisabethgrad, d'après les observations du professeur Klossowski, une grande partie des orages (49 0/0) vient dans la direction du sud. Dans la direction du ravin qui s'étend sur une longueur de 4 à 5 verstes, sept moulins à vent ont été détruits par cet ouragan. En partant des faits observés dans les régions environnantes, on peut admettre que c'est dans cet endroit que l'ouragan a acquis son maximum d'intensité.

Il ne semble pas que la vitesse du train ait pu avoir une influence sur l'accident, puisque la direction du vent était à peu près normale au sens de la marche, à l'endroit du renversement situé sur une pente de 0,0015 précédée d'une autre pente très courte de 0,0042, le train

allait assez lentement, car il sortait d'une courbe où il recevait l'effet du vent dans un sens presque opposé à celui de sa marche.

Revenant au renversement du premier wagon, on serait tenté de supposer que quelque chose de particulier avait pu favoriser l'effet du vent. par exemple les portes ouvertes du côté du vent ; mais on ne peut admettre cette supposition, car le chef de gare et les agents accourus immédiatement ont trouvé les portes et volets de tous les wagons fermés hermétiquement. Or, pour ouvrir ou fermer les portes d'un wagon à marchandises placé dans sa position normale, il faut souvent employer toute la force de deux hommes ; on doit donc admettre que, les wagons étant couchés sur le flanc, les portes auraient été encore plus difficiles à manœuvrer et que tout le personnel du train aurait eu de la peine à y suffire.

Ainsi dans le dixième wagon renversé se trouvait un sous-officier de gendarmerie; la porte de ce wagon était fermée et légèrement fendue; les hommes de la station durent employer un levier pour venir à bout de la porte et faire sortir le gendarme. Celui-ci raconta qu'il avait voulu observer l'orage par la fente de la porte et qu'il en avait été empêché par la force du vent qui soufflait à travers.

Quant à prétendre que les conducteurs auraient fermé la porte du premier wagon après sa chute pour dissimuler une négligence, on ne saurait le tenter, d'autant plus que ces hommes se trouvaient dans un état de surexcitation qui ne leur aurait pas permis d'y penser. Deux d'entre eux, qui étaient sur les wagons à frein renversés, étaient tombés à terre, mais sans se faire de mal; lorsqu'ils voulurent se relever, le vent était si fort qu'ils ne purent y parvenir tout d'abord. Leur réponse aux questions qui leur furent adressées relativement aux circonstances de l'accident confirment les hypothèses émises plus haut sur la chute successive des wagons et la séparation du train.

Le fait que les hommes du train eurent de la peine à se relever, à cause de la force du vent, s'est reproduit à la station de Pomochna où le garde-ligne étant sorti de sa guérite au moment du coup de vent (de durée, d'ailleurs, assez courte dans les deux stations où il n'a pas duré plus de 15 à 20 minutes) ne put se tenir debout et fut renversé plusieurs fois à terre, après quoi il fut obligé de rentrer dans sa guérite.

L'accident qui fait le sujet de cette note n'est certes pas unique; nous connaissons des faits analogues qui ont eu lieu à Orenbourg, à Trautenau près de Vienne, et ailleurs, mais c'est, à notre connaissance, celui où le nombre des wagons renversés, 18, a été le plus considérable.

L'examen de ces faits indique l'utilité ou plutôt la nécessité d'augmenter en Russie le nombre des stations météorologiques dont les observations pourraient fournir aux chemins de fer d'utiles renseignements.

Les progrès de la météorologie ont rendu d'immenses services à la navigation; pourquoi n'en serait-il pas de même, au moins dans une certaine mesure, pour les chemins de fer?

En dehors de la question des tempêtes ou ouragans, il serait très avantageux de prévoir les perturbations atmosphériques qui amènent des chutes abondantes de neige ou de pluie, lesquelles sont souvent pour les chemins de fer des causes de dégâts, d'interruptions de service et même quelquefois de catastrophes.

Traversée rapide de l'Atlantique. — Les Compagnies de navigation transatlantique ne cessent pas de lutter pour abréger la durée du trajet entre l'Europe et les Etats-Unis, ne fût-ce que de quelques heures.

On annonce que la maison Laird a reçu de la ligne Inman la commande d'un steamer en acier pour le service entre Liverpool et New-York. Ce navire sera un peu plus fort, bien qu'un peu moins long, que l'*Etruria*, le *City of Rome* et le *Servia*. Il aura 3,05^{m} de plus en largeur que les deux derniers et 1^{m},50 de plus que l'*Etruria*. Ses dimensions principales seront : longueur, 152,500^{m}, largeur 18^{m},900, creux, 13,110^{m}; tonnage *gross register*, 8.500 tonneaux.

La tendance à accroître la largeur des paquebots transatlantiques est très marquée; elle provient des recherches de Froude qui ont démontré que la surface mouillée de la coque a plus d'influence sur la résistance que la section immergée du maître couple. Aussi la proportion généralement adoptée dans les dernières constructions de 1 à 10.5 entre la largeur et la longueur est-elle, dans le nouveau paquebot, ramenée à 1 à 8; ce qui, pour le même déplacement, donne une plus grande section transversale, mais une moins grande surface mouillée.

Cette grande largeur donne des facilités sérieuses pour les installations et permet l'emploi de deux hélices, de même que l'établissement de cloisons longitudinales, qui sont un élément très important de force et de sécurité. L'appareil moteur comportera deux machines à triple expansion devant indiquer collectivement une puissance de 17,000 chevaux qui permettront de franchir la distance de Sandy-Hook à Queenstown en un temps notablement moindre que la plus courte traversée connue qui est de 6 jours et 5 heures.

En même temps, il est question en Angleterre de prendre pour point d'attache le magnifique havre de Milford Haven, dans le comté de Pembroke, pour éviter l'escale à Queenstown et la perte de temps que cause la nécessité d'attendre la marée pour franchir la barre à l'entrée de la Mersey. A Milford Haven, les paquebots peuvent accoster le débarcadère à toute heure de la marée et les voyageurs entrer directement dans le train qui les rendrait à Londres, dans les conditions actuelles de traversée, moins de sept jours après avoir quitté New-York.

Actuellement un paquebot quittant le wharf de la rivière du Nord à

la dernière heure possible, c'est-à-dire à 4 heures de l'après midi, le samedi, franchit la barre à 7 heures le même jour et peut, dans les conditions les plus favorables, toucher à Queenstown le samedi suivant au matin; les passagers débarquent à Liverpool le dimanche matin et arrivent à Londres par train spécial, le dimanche après-midi. Le même navire, dans les mêmes conditions de traversée, pourrait débarquer le samedi, à midi, à Milford Haven, ses passagers qui seraient rendus à Londres, le même jour, pour dîner, avec 20 heures d'avance sur le parcours par Liverpool.

L'adoption de cet itinéraire, par des navires réalisant un nouvel accroissement de vitesse, constituerait une amélioration importante dans les relations entre l'Angleterre et les États-Unis.

On nous permettra de trouver ces projets plus sérieux que la nouvelle donnée par tous les journaux de la mise en construction, aux États-Unis, de nouveaux paquebots transatlantiques dont le premier serait déjà baptisé du nom de *Pocahontas*. Ces navires, établis sur un nouveau modèle, auraient 164 mètres de longueur et 12,20^{m} seulement de largeur, soit le rapport tout à fait inusité de 13.5. Il est vrai que le mode de construction de ces bateaux, dont le plan est dû à M. Robert M. Fryer, est tout particulier; en effet, il comporte 68 cloisons transversales, plus un certain nombre de cloisons longitudinales divisant la coque en 1,060 compartiments dont 500 au-dessous de la flottaison. On a prévu l'emploi de l'air comprimé pour refouler hors de ces derniers l'eau qui pourrait s'y introduire par suite de collision ou de voie d'eau (1).

Une des particularités est l'établissement, à 12 mètres de l'avant, d'un tube transversal intérieur à la coque de 3 mètres de diamètre débouchant des deux côtés sous la flottaison et contenant deux hélices qui peuvent être actionnées par une machine spéciale. Cette disposition sert à porter la proue du navire d'un côté ou de l'autre et, par conséquent, à aider à l'action du gouvernail ou même à y suppléer. Comme ce tube transversal opposerait une résistance considérable à la marche du navire, il est habituellement fermé à ses deux extrémités par des portes qui s'ouvrent automatiquement lorsqu'on fait fonctionner les hélices-gouvernails.

L'appareil moteur forme peut-être la partie la plus bizarre et celle qui vraisemblablement donnera lieu aux plus graves mécomptes si elle est exécutée telle qu'on la voit sur les dessins du *Pocahontas* (2).

Le navire n'aura qu'une hélice de 7,320^{m} de diamètre actionnée par

(1) Notre collègue, M. d'Allest, dans un remarquable mémoire sur les opérations de sauvetage du navire le *Taurus*, effectuées sous sa direction, traite accessoirement la question de l'emploi de l'air comprimé pour cet objet et conclut que la valeur de cet agent est en pratique bien moindre qu'on ne le suppose et qu'il faut des conditions spéciales pour qu'on puisse en tirer bon parti

(2) Ces dessins ont été donnés dans diverses publications, notamment dans le numéro du 1er avril du journal *Industries*.

une seule paire de cylindres. Dans le but probablement de conserver les gros poids à la partie inférieure, l'auteur du projet a laissé de côté les modèles usuels de machines marines pour en revenir au plan favori des constructeurs des machines des anciens monitors américains et dû, croyons-nous, à Ericsson, système connu sous le nom de *vibrating lever* et qui, tolérable peut-être pour des puissances médiocres, donne lieu à des objections des plus graves pour un appareil moteur qui a la prétention d'être de beaucoup le plus puissant qui aura été construit jusqu'ici.

Les deux cylindres sont verticaux et établis l'un devant l'autre dans le sens de la longueur du navire; le cylindre à haute pression a 1,905^{m} de diamètre et le cylindre à basse pression 3,812^{m}; la course est pour les deux de 1,525^{m}. La tige de chaque piston s'attèle à l'extrémité d'un levier porté par un arbre longitudinal parallèle à l'axe du navire et situé d'un côté de cet axe pour un des cylindres et de l'autre côté pour l'autre. Ces arbres se prolongent jusqu'à l'arrière du grand cylindre et portent à leur extrémité un autre bras de levier qui reçoit la petite tête d'une bielle motrice dont la grosse tête actionne le bouton unique de la manivelle motrice fixée à l'extrémité avant de l'arbre de l'hélice. Les deux bielles se trouvent ainsi agir à peu près à angle droit l'une de l'autre.

La manivelle dont nous venons de parler est en réalité un énorme disque de 2^{m},50 de diamètre pesant 20 tonnes calé sur un arbre de 0^{m},610 de diamètre et 61 mètres de longueur qui pèse quelque chose comme 135 tonnes.

20 chaudières ayant une surface de grille collective de 140 mètres carrés, disposées 12 à l'avant et 8 à l'arrière de la chambre de la machine et desservies par 6 cheminées, fourniront de la vapeur à la pression de 9 kilogrammes environ par centimètre carré.

Les constructeurs estiment que la machine développera 19500 chevaux avec introduction pendant la moitié de la course du petit cylindre et 28000 avec introduction pendant toute la course, et que cette puissance permettra de réaliser la vitesse de 22 nœuds.

Le *Pocahontas* est, dit-on, en chantier à Alexandria (Virginie) et sera mis à l'eau, avec machines et chaudières, en novembre prochain. Les journaux américains disent que ce sera le paquebot le plus rapide et le plus sûr qui existe, et qu'il aura en plus l'avantage de ne coûter que 3 millions de francs, c'est-à-dire plus de 25 0/0 de moins que le prix d'une construction analogue faite sur la Clyde.

Si réellement les choses sont si avancées qu'on le dit, on ne tardera pas à être édifié sur la valeur de ces navires. On peut toutefois dire dès à présent qu'il semble difficile de concilier l'établissement d'aussi puissants moteurs avec la division pour ainsi dire cellulaire de la coque sans amener des arrangements bien compliqués et une grande gêne dans le service. Quant à la disposition de la machine, elle nous

paraît des plus vicieuses. Sans parler des nombreuses pièces travaillant à la flexion et à la torsion et qui n'existent pas dans les modèles en usage aujourd'hui, nous signalerons la difficulté de transmettre des efforts aussi énormes par un bouton de manivelle unique, sans entraîner des grippements ou tout au moins des échauffements.

On nous permettra de nous arrêter un instant sur ce point. Le nombre de tours prévu n'est pas indiqué. Supposons-le de 80, ce qui est très élevé, si on considère que le nombre de tours normal des machines des grands transatlantiques du type *Champagne* n'est que de 56, l'effort tangentiel à la circonférence décrite par le bouton de manivelle serait de

$$\frac{28{,}000 \times 75 \times 60}{1{,}525 \times 3.14 \times 80} = 330.000 \text{ kilogr.}$$

On se représente difficilement un bouton de manivelle recevant une pression de 330 tonnes. On devra lui donner des dimensions colossales.

Prenons comme comparaison les machines d'un transatlantique des plus récents, ayant trois cylindres agissant sur trois coudes. Le cylindre qui exerce le plus grand effort est le cylindre à basse pression qui développe 2,700 chevaux à la vitesse de 65 tours. La course étant de 1,83^{m}, l'effort tangentiel est de 31600 kilogr. Le bouton de manivelle a 0,506^{m} de longueur et 0,555^{m} de diamètre, soit une section rectangulaire de 2,808 centimètres carrés, ce qui donne une pression de 11,4 kilog. par centimètre carré de section rectangulaire.

Pour la même pression par centimètre carré, le bouton de manivelle du *Pocahontas* devrait avoir une section rectangulaire de 2,90 mètres carrés, soit 2,90^{m} de longueur sur 1 mètre de diamètre; si on doublait la pression unitaire, au risque de produire des échauffements et des grippements, on aurait encore 1^{m},45, soit 1^{m},60 de longueur sur 0^{m},90 de diamètre. Ce bouton de manivelle seul absorberait en frottement un travail de 800 à 1000 chevaux.

Les Américains ont encore à faire leurs preuves comme constructeurs de navires à hélice à grande vitesse, et l'échec lamentable de leurs derniers croiseurs n'est pas fait pour donner bien grande confiance dans ces excentricités. On sait qu'à la suite de cet insuccès peu flatteur pour l'amour-propre national, le gouvernement des États-Unis a dû mettre au concours les plans des nouveaux croiseurs à construire, et offrir des primes pour les meilleurs projets, les ingénieurs étrangers étant appelés également.

Nous rapellerons qu'il y a déjà quelques années, il était question de faire, aux États-Unis, des paquebots transatlantiques sur des plans non moins bizarres dus à un Suédois, le capitaine Lundborg; nous avons parlé de ce projet excentrique, qui ne paraît d'ailleurs avoir eu aucune suite, dans les chroniques de 1882, vol. I, p. 618 et 725.

Navires de guerre anciens et récents. — On a lancé récemment des chantiers de MM. Armstrong, Mitchell et C^ie^. à Elswick, le cuirassé *Victoria*, un des plus forts navires de guerre de la marine anglaise, et, à cette occasion, après le lunch traditionnel, sir William Armstrong a, dans un intéressant discours, présenté une très curieuse comparaison entre ce navire d'un modèle tout récent, et un autre navire célèbre dans les fastes de la marine britannique. Nous résumons ce qui suit de l'*Iron* :

Le *Victory*, le fameux vaisseau de ligne que montait Nelson à Trafalgar et où il fut tué au milieu de son triomphe, était un des plus forts navires de l'époque ; son déplacement, avec armement complet, ne dépassait pourtant pas 3000 tonneaux ; le navire était en bois de chêne ; le moteur était le vent, sur lequel l'homme n'a aucun contrôle ; néanmoins ce vaisseau était un marcheur remarquable et pouvait, dans les conditions les plus favorables, réaliser une vitesse de près de 13 nœuds. Le *Victoria* est en fer ; il déplace, en charge complète, 10500 tonneaux. La vapeur est son moteur docile et obéissant, et on en attend une vitesse de 17 nœuds, constante et régulière, obtenue avec une puissance d'au moins 12000 chevaux.

Au point de vue militaire, la différence n'est pas moins grande. L'armement du *Victory*, tel qu'il était à Trafalgar, se composait de trente pièces de 32, trente de 24, quarante de 12 et deux caronades de 68, soit en tout 102 canons. La plus lourde de ces pièces pesait moins de trois tonnes, alors que les plus grosses du *Victoria* pèsent 110 tonnes. La plus forte charge de poudre du *Victory* était de 3^k^,600 ; celle du *Victoria* sera de 400 kilogrammes. Les projectiles les plus lourds du *Victory* pesaient 68 livres, soit 31 kilogrammes ; ceux du *Victoria* pèseront 815 kilogrammes. Le poids total du métal envoyé par une bordée du premier navire était de 520 kilog., celui du second de 815 ; ce poids de métal correspond pour le *Victory* à 150 kilogrammes de poudre, et pour le *Victoria* à 1350. Il est tout à fait inutile de faire la comparaison de la portée, de la justesse et de la puissance de pénétration des projectiles dans les deux navires.

L'armement du *Victoria* se composera de deux canons de 110 tonnes montés dans des tourelles tournantes et pouvant tirer en avant et de côté, d'un canon de 30 tonnes pouvant tirer en arrière et de chaque côté, de 12 canons de 5 tonnes, 12 canons de 6 livres à tir rapide et 9 canons de 3 livres à tir rapide, plus un grand nombre de mitrailleuses de petit calibre.

Outre cet armement, le *Victoria* possède un puissant éperon et huit tubes lance-torpilles, quatre au-dessus et quatre au-dessous de la flottaison. Ces deux moyens d'attaque étaient inconnus du temps du *Victory*, bien que le premier soit d'origine très ancienne. Il n'y a donc encore aucune comparaison à établir de ce chef.

L'équipage du *Victory* se composait de 850 hommes ; celui du *Vic-*

toria n'en comprendra que 550, dont 110 mécaniciens et chauffeurs. ce qui laisse seulement 440 combattants.

Ainsi, bien que le *Victoria* soit trois fois plus gros que le vieux vaisseau de ligne, et infiniment supérieur comme puissance offensive; il n'exposera au feu de l'ennemi qu'un nombre d'hommes moitié moindre. On trouve là l'admirable résultat de l'introduction des procédés mécaniques pour la manœuvre des grosses pièces d'artillerie.

Si on considère le plus petit canon de l'armement du *Victoria*, le canon Hotchkiss de 3 livres à tir rapide, on trouve un curieux exemple de l'application de la mécanique à l'artillerie. C'est un canon de grande portée et de grande pénétration, dont un équipage de 3 hommes peut obtenir facilement 20 coups par minute. Si d'autre part on prend le canon à tir rapide du dernier modèle d'Elswick, qui peut lancer un projectile d'un poids quelconque entre 30 et 40 livres, et qu'on le compare avec les vieux canons de 32 qui formaient une partie de l'armement du *Victory* et qui exigeaient un équipage de 8 hommes pour tirer un coup par minute, on peut apprécier la supériorité écrasante du canon moderne qui, servi seulement par quatre hommes, peut envoyer 10 projectiles dans le même laps de temps, c'est-à-dire autant qu'en auraient pu tirer 10 canons du *Victory* servis par 80 hommes, sans établir, bien entendu, aucune comparaison entre la puissance des coups de canon dans les deux cas.

Statistique des correspondances postales. — Un statisticien allemand avait calculé qu'en 1865 les habitants de notre globe avaient échangé 2,300,000,000 de lettres.

On avait trouvé pour 1873 le chiffre de 3,300 millions de lettres et pour 1885, avec les cartes postales, un total de 6,257 millions.

Ces chiffres étaient d'assez grossières approximations. Le *Post-Office* américain s'est livré à des recherches qui ont conduit pour 1886 à des statistiques dont l'exactitude est, paraît-il, très satisfaisante.

Il y aurait eu, en 1886, un échange de 5,849 millions de lettres, 1,077 millions de cartes postales, 4,610 millions d'imprimés et 104 millions d'échantillons, soit un total de 11,640 millions d'objets.

C'est une moyenne générale d'environ 5 lettres et cartes postales par an et par habitant du globe, mais la moyenne dans chaque partie du monde est très différente ; c'est en Australie qu'elle est la plus élevée, atteignant le chiffre de 24 lettres ou cartes postales par an et par habitant. Cette moyenne est de 14 pour l'Europe, 0,04 pour l'Asie et 0,09 pour l'Afrique.

Voici la manière dont se répartit entre les cinq parties du monde l'échange des lettres et cartes postales pour l'année 1886. Les nombres sont exprimés en millions.

	Lettres	Cartes postales	Total des objets transportés.
Europe	3,894	597	7,249,3
Amérique	1,596	398	3,819
Asie	246	80	389,6
Afrique	18,7	0,3	30,7
Australie	94,4	1,2	151,4

D'après ces statistiques, que nous avons trouvées reproduites dans le journal *Engineer*, les postes du monde entier occuperaient 489,000 employés, répartis dans 154,000 bureaux.

Production du fer en 1886. — L'accroissement extraordinaire de la production de l'acier par les procédés Bessemer et Martin-Siemens n'a pas produit en général une diminution correspondante dans la fabrication du fer. Il y a toutefois exception pour les États-Unis où la fabrication des rails a probablement une part prépondérante. Ainsi la quantité totale de fer fabriqué en 1885 dans ce pays a été de 1,624,074 tonnes contre 2,378,510 tonnes en 1881 ; diminution 754,436 tonnes. Il est vrai qu'on y produisait en 1875 760,000 tonnes de rails en fer et qu'en 1885 on n'en a fait que 15,000 tonnes.

En 1885, on a fait aux États-Unis 1,917,000 tonnes d'acier Bessemer ou sur sole contre 1,778,000 tonnes en 1881, l'accroissement n'ayant été que de 139,000 tonnes.

On constate, au contraire, en Europe que la réduction de la fabrication du fer n'a pas suivi la même proportion à beaucoup près. Elle n'est pour les sept principaux pays de production européens entre les deux dernières années consécutives que de 536,639 tonnes.

Voici comment se répartissent les productions des deux dernières années :

PAYS	1886	1885
	Tonnes	Tonnes
Royaume-Uni	1.616.700	1.911.125
États-Unis (*)	1.624.074	1.761.577
Allemagne (*)	1.412.700	1.491.000
France	767.214	782.431
Belgique	470.022	469.249
Suède (*)	284.440	292.198
Autriche-Hongrie (*)	161.000	175.200
TOTAUX	6.336.150	6.832.790

Pour les pays marqués du signe * les productions se rapportent aux

années 1884 et 1885 comparées, les productions de 1886 n'étant pas encore connues officiellement.

On n'a pas indiqué les chiffres relatifs à la Russie, l'Espagne, l'Italie et le Luxembourg, dont les statistiques sont incomplètes ou anciennes, mais la production totale annuelle de ces quatre pays ne dépasse pas un demi-million de tonnes.

On voit que la diminution est générale d'une année à l'autre, sans être bien importante ; pour la Belgique seule il y a un très léger accroissement.

COMPTES RENDUS

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

MARS 1887.

Note sur la **construction des ponts métalliques à poutres droites** en **Allemagne**, en **Hollande**, en **Autriche** et en Suisse, par M. BRICKA, Ingénieur en chef des Ponts et **Chaussées**.

L'auteur expose les **renseignements** qu'il a **réunis** à l'occasion d'une **mission** dont il a **été chargé** dans **divers** pays de l'Europe centrale et décrit un **certain nombre** de ponts métalliques récents, **tous** à poutres **droites**. Les conclusions sont qu'il **est difficile** d'établir une comparaison, au point de vue des poids par mètre courant, entre les ponts construits dans des pays différents à cause de la variation des **coefficients** de **travail** et de la **différence** de **constitution** des ouvrages ; d'ailleurs le mode d'assemblage, la réalisation de certaines idées théoriques et le degré de hardiesse des pièces accessoires jouent un rôle **important** dans les poids. **Toutefois**, on doit admettre que les différents types construits en France et à l'étranger depuis une quinzaine d'années, s'ils étaient exécutés dans les mêmes conditions, ne donneraient pas lieu à de bien grandes différences dans les quantités de matières employées.

Il convient, toutefois, de faire exception pour les travées indépendantes et les poutres à semelle supérieure polygonale employées en Allemagne, en Hollande et en Autriche, qui permettent de réaliser d'importantes économies pour les grandes portées en réduisant la longueur des diagonales dans les parties où ces pièces travaillent le plus.

L'auteur fait remarquer qu'il ne faut pas toujours viser sans distinction à la réduction absolue des poids, parce que les dispositions adoptées à cet effet peuvent entraîner quelquefois une complication qui réagit désavantageusement sur le prix.

Somme toute, l'auteur pense que la comparaison faite entre les types de ponts construits en France et à l'étranger n'établit entre les uns et les autres ni supériorité, ni infériorité marquées.

Le Mémoire est accompagné de quatre notes : l'une sur le renversement des efforts dans les poutres à verticales et à diagonales, la seconde sur l'usage de l'acier dans les ponts, la troisième sur les essais de résistance exécutés sur les matériaux d'un pont métallique à treillis construit en 1846 à Spandau et démoli en 1883, essais qui ont démontré que la qualité de ces matériaux n'avait été altérée en rien par un travail de trente-sept ans; enfin, la quatrième note est relative à l'enquête faite en 1883, par l'Union des chemins de fer allemands, sur les coefficients admis pour le travail du métal par les différentes administrations pour les ouvrages d'art des chemins de fer secondaires où la vitesse de marche relativement faible peut justifier une réduction du coefficient de sécurité.

Des réponses qui ont été faites à cette question, on peut conclure que le travail demandé au fer dans ces conditions va en Allemagne de 7 kilogr. 50 à 9 kilogrammes et même 9 kilogr. 50, et en Autriche de 8 à 9 kilogrammes.

Note sur le **nivellement de pente par les tangentes** et sur la **stadia tangentielle**, par M. Laterrade.

L'auteur explique qu'avec un nouvel instrument, qui n'est autre qu'un niveau d'Egault légèrement modifié, on peut exécuter des nivellements de remplissage aussi bien, si ce n'est aussi vite, qu'avec le tachéomètre; les opérations sont plus faciles à calculer et plus exactes, et on n'a besoin ni de tables trigonométriques, ni de règles à calcul spéciales.

Cet instrument permet de lever le plan en même temps qu'on fait le nivellement, comme avec le tachéomètre, mais avec plus d'exactitude.

Cette méthode de nivellement de pente et de stadimétrie étant fondée sur l'emploi des tangentes, il y aurait lieu de donner le nom de *niveau-tangentes* à l'instrument à l'aide duquel on l'applique et de désigner le nouveau nivellement par l'expression de *nivellement de pente par tangentes*. La stadia serait la *stadia-tangentielle*

Note sur les **efforts anormaux dans les ouvrages métalliques**, par M. Considère, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

L'objet de cette note est de montrer que, même au seul point de vue de l'équilibre statique, on produit quelquefois, en calculant les ponts métalliques, des erreurs considérables, même en appliquant simplement les méthodes classiques de la résistance des matériaux.

Par exemple, la disposition des diagonales de tension d'un côté et des diagonales de compression de l'autre côté des axes des poutres

produit sur la semelle un couple qui tend à la tordre, et l'effort qui en résulte et dont on ne se préoccupe pas peut égaler et dépasser la valeur des efforts calculés.

Ainsi, dans le pont de Douarnenez, on a pu constater que l'effort subi par les diagonales, par suite de leur flexion, s'élevait à 10 kilogr. 08 par millimètre carré, au lieu du chiffre prévu de 6 kilogrammes.

On peut faire disparaître ce grave inconvénient en donnant au treillis des dispositions absolument symétriques et on peut, à défaut de cette précaution, détruire les effets fâcheux de la dyssimétrie par l'emploi raisonné des montants verticaux.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

District du Centre.

Séance tenue à Montluçon, le 17 octobre 1886

Communication de M. Dumon sur les **clapets automatiques d'arrêt** pour chaudières à vapeur.

L'auteur décrit successivement les systèmes Pasquier, Lethuillier-Pinel, Labeyrie, de Commentry-Fourchambault, en indiquant les défauts de chaque système ; il se prononce en faveur du dernier dont nous allons dire ici quelques mots.

Cet appareil se compose d'une boîte en fonte avec couvercle, contenant un clapet en bronze à double siège relié à un levier dont l'axe sort de la boîte et porte un secteur denté avec lequel engrène un pignon dont l'axe porte lui-même un levier terminé par un contrepoids. Les rayons du secteur et du pignon sont choisis de telle sorte que, dans la position moyenne du clapet, le levier de contrepoids soit vertical et que lorsque le clapet est appliqué sur l'un ou l'autre des sièges, le levier soit horizontal. Il en résulte que le contrepoids tend toujours à ramener le clapet à sa position moyenne.

Le mécanisme est assez puissant pour faire équilibre à la contre-pression d'une atmosphère environ et peut au besoin rouvrir le clapet dans le cas d'une fermeture accidentelle, mais son action ne peut empêcher le fonctionnement au moment d'un accident.

L'appareil peut se placer aussi bien dans le sens horizontal que dans le sens vertical, à la condition de disposer convenablement le levier à contrepoids. De plus, le mécanisme extérieur a l'avantage de donner une indication de la position du clapet et de permettre de s'assurer que celui-ci fonctionne bien.

Communication de M. Boutonnet sur **l'installation téléphonique des houillères de Commentry et Montvicq.** — Cette installation comprend une ligne téléphonique de Commentry à Montluçon et une ligne partant d'un point de la première et aboutissant à Montvicq.

Le développement total est d'environ 27 kilomètres. Il y a sept postes téléphoniques. Les transmetteurs et récepteurs sont du type adopté par la Société générale des téléphones. Cette installation ne laisse rien à désirer sous le rapport du fonctionnement et de la sensibilité.

Réunions de Saint-Etienne

Séance du 5 mars 1887.

Communication de M. Simon sur les **expériences pyrométriques à haute température** faites à la manufacture de Sèvres par MM. Lauth, Vogt et Auscher. — Il s'agit du pyromètre à circulation d'eau présenté, il y a quelques années, par M. Lauth, administrateur de la manufacture de Sèvres.

Cet appareil donne de bons résultats, à condition que la surface soumise à l'action de la chaleur soit constamment nette pour être dans les mêmes conditions d'absorption du calorique et que l'eau débitée soit jaugée exactement. Il a, par contre, l'inconvénient d'être assez encombrant, d'exiger une installation assez compliquée et de dépenser beaucoup d'eau si on veut explorer plusieurs points du four en action.

Jusqu'ici les indications du pyromètre n'étaient qu'empiriques; on a entrepris, à Sèvres, quelques essais pour établir approximativement leur relation avec l'échelle thermométrique, en prenant pour base l'observation du point de fusion de divers métaux.

On plaçait la partie exploratrice de l'appareil dans le four à côté d'un creuset en terre contenant le métal, creuset qu'on pouvait retirer à l'aide d'une tringle métallique entourée d'un tube en terre réfractaire. On a eu de grandes difficultés; notamment vers 1,000 degrés la tige métallique se déformait, et il était très difficile de faire des observations au-dessus du point de fusion de l'or.

La conclusion de ces observations, dans le détail desquelles nous ne saurions entrer ici, est que la valeur absolue du degré du pyromètre à

eau décroît rapidement lorsque la température s'élève ; on ne saurait donc établir une échelle proportionnelle pour la valeur de ce degré. Voici quelle est la relation très variable, comme on le voit, du degré pyrométrique avec la température pour divers points.

	τ	θ	$\frac{\tau}{\theta}$
	Point de fusion	Degré pyrométrique observé	Valeur absolue du degré pyrométrique
Etain	230°	0°,5	430°
Plomb	334	0, 8	400
Zinc	423	2. 0	204
Argent	954	6. 4	147
Or	1.075	7. 07	149
Cuisson de la porcelaine nouvelle.	1.350	13. 8	96.5
Cuisson de la porcelaine dure	1.500	18. 4	80.5

Il paraît plus simple d'employer pour évaluer les températures des diverses parties d'un four les points de fusion d'alliages métalliques dont la température correspondante est connue. On emploie des alliages d'or et d'argent pour les températures entre 960 degrés et 1 075 et d'or et de platine pour les températures supérieures à 1 075 degrés.

Ces derniers présentent un inconvénient ; c'est que, si l'alliage renferme plus de 15 0/0 de platine, ce qui correspond à un point de fusion à 1,160 degrés environ, il se fait une séparation par liquation et les indications deviennent inexactes. En outre, les *montres* qu'on emploie deviennent très coûteuses.

On a cherché à remplacer ces montres métalliques par des fragments de matière frittée de fusibilités différentes posées sur des patins en terre glaise, lorsque ces montres entrent en fusion, elles disparaissent et on obtient ainsi une détermination de température ; on leur donne, d'ailleurs, une forme différente de manière à les distinguer les unes des autres.

On emploie, à Sèvres, quatre montres dont les caractéristiques sont :

Numéros	Forme	Points de fusion
1	rectangle	625°
2	losange	1150
3	triangle	1200
4	cercle	1320.

Les numéros 2 et 3 ont des points de fusion très rapprochés, parce que les températures correspondantes comprennent une période critique pour la fabrication de la porcelaine. On pourrait bien entendu

employer des montres ayant d'autres points de fusion selon les besoins des diverses industries.

Cette méthode, en usage à Sèvres depuis cinq ans, paraît éminemment pratique et facile à appliquer dans l'industrie.

Communication de M. LEMIERE sur les **laveirs à valves de fond système Lemiere.**

Le principe de ce perfectionnement aux appareils de lavage à bac à piston pour les charbons bruts consiste à éliminer successivement à travers la table elle-même et par le plus court chemin possible les couches en contact avec cette table au fur et et à mesure de leur formation.

On obtient ainsi :

1° L'élimination par les premières valves des grès, schistes, sables, pyrites et autres impuretés plus lourdes que la houille ;

2° Le classement par les valves suivantes des charbons par ordre décroissant de teneurs en cendre, depuis les charbons barrés jusqu'au charbon le plus pur.

Cette disposition est facilement et à peu de frais applicable à tous les bacs à piston à action continue et à courant d'eau direct ou renversé, quel que soit le mouvement de cette eau : alternatif absolu ou partiel, ou bien ascendant simple intermittent.

DISTRICT DU SUD-EST

Séance du 6 mars 1887.

Notice nécrologique sur M. Jouquet, directeur des mines et usines de la Compagnie de Terrenoire, dans le Gard, par MM. RIGAUD et VIALLA.

Communication de M. BRUN sur l'**appareil Walcher** pour l'abatage de la houille.

Cet appareil agit à la façon d'un coin et développe une force comparable à celle de la poudre. Il comporte une partie conique qu'on introduit dans un trou fait dans le banc de charbon à abattre et qui se dilate sous l'action d'une petite pressc hydraulique.

Cet appareil ne pèse que 90 kilogrammes et peut par suite être manié par deux hommes. Le forage des trous se fait rapidement par une perforatrice Lisbet, qui donne un trou de 117 millimètres de diamètre et de 1 mètre de profondeur en 10 ou 12 minutes. Cette perforatrice avec son bâti pèse 50 kilogrammes.

L'appareil Walcher est employé couramment à la mine de Karwin (Silésie Autrichienne) et a été expréimenté dans divers endroits du

bassin de Westphalie. Il paraît bien fonctionner et être économique de main-d'œuvre, mais il ne convient pas de l'employer avec certaines natures de charbon.

Communication de M. Rigaud sur une **explosion de chaudière à Saint-Brès.**

Cette chaudière, employée dans une filature de soie, avait 4 mètres de longueur et 1 mètre de diamètre et fonctionnait à 2 1/2 kilogs de pression. Le fond s'est arraché sur tout le pourtour et a été lancé à 10 mètres suivant l'axe de la chaudière.

La pression de la vapeur développée par l'eau de la chaudière a été assez forte pour écarter les murs du bâtiment et faire tomber la toiture.

Il y a eu 4 morts et 16 blessés.

Le calcul indique que les 3 mètres cubes d'eau de la chaudière renfermant 120,000 calories ont produit 222 kilogrammes de vapeur dont la pression dans un local d'un volume de 350 mètres cubes environ était suffisante pour produire des effets comparables à ceux des plus forts ouragans.

Communication de M. de Castelnau sur **les lampes de sûreté.**

Un cas d'inflammation de grisou, survenu tout récemment dans le bassin d'Alais et dû à un défaut d'ajustage d'une lampe, conduit l'auteur à insister sur la nécessité absolue d'une construction soignée, d'un ajustage aussi parfait que possible et d'un entretien attentif et continu ; autrement les meilleurs systèmes de lampes peuvent devenir un instrument dangereux par la fausse sécurité qu'il inspire.

Réunion de Saint-Étienne.

Séance du 2 avril 1887.

Communication de M. Malot sur le **dosage de l'acide phosphorique par le nitrate d'urane.**

Dans le dosage du phosphore dans les fontes ou les aciers, on contrôle généralement l'opération en redissolvant l'acide phosphomolybdique dans l'ammoniaque et le précipitant à nouveau à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien.

Le dosage est terminé, soit par la calcination du phosphate ammoniacal et la pesée du pyrophosphate de magnésle, soit par la dissolution de ce phosphate ammoniacal dans l'acide azotique étendu et la précipation de l'acide phosphorique par une liqueur titrée d'azotate d'urane, en ayant soin d'opérer sur un liquide chaud occupant un faible volume et acidifié seulement par l'acide acétique. La fin de la précipitation est appréciée

en opérant *à la touche* sur des gouttes de ferrocyanure de potassium déposées sur une soucoupe.

L'emploi de la touche est incertain et fastidieux ; il est très facile de le supprimer en utilisant la propriété de l'oxyde d'urane de former une laque verte avec la matière colorante de la cochenille.

On ajoute au phosphate ammoniaco-magnésien dissous dans l'acide azotique étendu quelques gouttes de teinture de cochenille, puis de l'ammoniaque qui donne une coloration violette qu'on fait disparaître avec une goutte ou deux d'acide azotique. On ajoute 5 centimètres cubes d'une liqueur contenant par litre 100 grammes d'acétate de soude et 50 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable. Si alors on verse avec une burette graduée de l'azotate d'urane titré, chaque goutte produit sur la teinture de cochenille une tache d'un vert bleuâtre d'autant plus sensible que la précipitation est plus avancée et qui disparaît par agitation en laissant reparaître la teinte rose de la cochenille tant que la précipitation n'est pas complète. Le moment précis où tout le phosphate est précipité est indiqué par la coloration vert bleuâtre de tout le liquide.

On a ainsi un procédé par titrage très précis.

Clapets automatiques de sûreté pour chaudières.

A la suite d'une lettre adressée par M. Chavier et dans laquelle il décrit un perfectionnement apporté par lui à son système de clapet de sûreté, la réunion décide à l'unanimité de s'associer à la demande faite par les districts du Sud-Est et du Nord pour obtenir une prolongation du délai accordé pour l'installation des clapets de sûreté sur les chaudières à vapeur.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 19. — 7 *mai* 1887.

Procédés de reproduction au point de vue des dessins techniques, par H. Maihak.

Condition d'établissement des locomotives mixtes à crémaillère et à adhérence du système Abt, par Alb. Frank *(suite et fin)*.

Instruments de précision. — Appareils à mesurer les allongements de Hoech. — Indicateur dynamométrique d'Ashton.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Soufflage du verre à l'air compriné. — Consolidation des galeries dans des terrains soumis à de grandes pressions.

Groupe de Hesse. — Canalisation du Mein entre Mayence et Francfort. — Filature de coton de Narwa en Russie.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Extraction du goudron et de la paraffine de lignite à la mine Concordia à Nachterstedt. — Fabrication de briquettes de lignite.

Patentes.

Bibliographie. — Manuel de technologie chimique de Bolley-Birnbaum.

N° 20. — 14 *mai* 1887.

Turbine à haute chute de 1,000 chevaux des aciéries de Terni.

Procédés de reproduction au point de vue des dessins techniques, par H. Maihak *(suite)*.

Construction navale — Nouveaux bateaux sous-marins.

Installation des chaudières à vapeur à l'Hôtel de Ville de Vienne.

Groupe de la Lenne. — Canal du Rhin à l'Ems.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Fabrication des briquettes de lignite.

Patentes.

Bibliographie. — Éléments de statique de L. Poinsot. — Progrès dans les méthodes d'essai des matériaux, de Carl A. M. Balling. — Recueil de modèles pour les constructions métalliques de C. Scharowsky. — Système de pas de vis de Sellers ou de l'Institut de Franklin.

N° 21. — 21 *mai* 1887.

Influence de l'eau présente à l'intérieur des navires, docks flottants, etc., sur leur stabilité par G. Cabjulsky.

Procédés de reproduction au point de vue des dessins techniques, par H. Maihak *(suite)*.

Résistance des matériaux. — Machine à essayer la toile à voile. — Épreuves des fontes malléables.

Machine à coudre à double brodeur de Keat.

Groupe de Hanovre. — Emploi des chaleurs perdues pour le chauffage des chaudières à vapeur.

Groupe de la Lenne. — Canal du Rhin à l'Ems.

Patentes.

N° 22. — 28 *mai* 1887.

Machines à triple expansion, par Otto Muller.

Perte de travail dans les vis, vis sans fin et engrenages par B. Salomon.

Théorie des pompes centrifuges, par M. Ebel.

Déformation d'un foyer Ten-Brinck, par C. Bach.

Calcul des plaques de fondation, par Rud. Bredt et Ed. Autenrieth.

Association des chemins de fer. — Le daltonisme chez les employés de chemins de fer. — Chemins de fer russes. — Chemins de fer sur routes.

Patentes.

Correspondance. — Ecole de chauffeurs à Berlin.

Variétés. — Expériences de vaporisation avec une chaudière à foyers intérieurs sans maçonnerie.

BIBLIOGRAPHIE

Barème de la résistance et des moments d'inertie des métaux, par S. BARBIER, Ingénieur civil (A. Le Poultel, libraire-éditeur, 9, rue Victor-Cousin, Paris).

M. Le Poultel a offert à la Société l'ouvrage dont nous venons de donner le titre et qui, d'un format très portatif, est de nature à épargner aux personnes qui ont à déterminer fréquemment la résistance ou les dimensions des pièces métalliques les calculs fastidieux que nous connaissons tous.

Cet ouvrage est disposé avec beaucoup de méthode et d'intelligence.

On y trouve directement, dans des tableaux très détaillés, les résistances à la traction, à la compression, à la torsion et enfin à la flexion de pièces métalliques de diverses formes, dimensions et nature.

Nous insisterons particulièrement sur la résistance à la flexion qui donne lieu aux cas les plus différents et aux calculs les plus laborieux.

Il y a cinq tables relatives aux diverses sections employées en pratique, savoir : carrée, rectangulaire, triangulaire, circulaire pleine et creuse et à double T.

Pour chacune de ces sections, les tables donnent les coefficients de charge relatifs aux diverses dimensions pratiques des pièces métalliques de ces modèles,

De plus pour tenir compte de la nature du métal et des conditions dans lesquelles la pièce travaille, on multiplie le coefficient de charge précédent par un coefficient de résistance donné dans huit tables dont chacune correspond à une position telle que: solide encastré à une extrémité et libre à l'autre, solide encastré à une extrémité et supporté à l'autre, solide supporté à chacune de ses extrémités, etc., chaque tableau contenant d'ailleurs les chiffres relatifs à un certain nombre de métaux tels qu'acier fondu, tôle d'acier, fer, tôle de fer, fonte, cuivre, etc.

Nous allons donner un exemple de la facilité avec laquelle ce petit livre permet de trouver le résultat désiré. Supposons qu'on veuille savoir quelle charge peut supporter au milieu un fer à double T de 0,150^{m} de hauteur, 0,075^{m} de largeur d'ailes et 10 millimètres d'épaisseur d'âme encastré à ses deux extrémités.

On cherche dans la table relative au coefficient de charge d'une pièce de cette forme le chiffre correspondant aux dimensions indiquées, on trouve **1225**.

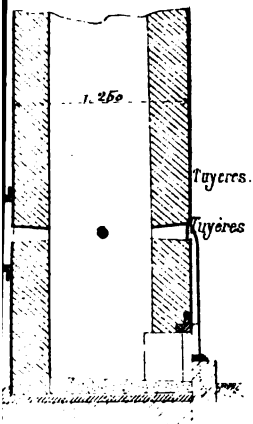
Le cas d'encastrement aux deux extrémités et de charge au milieu correspond à la position n° 7 dans laquelle le coefficient est de 10 pour le fer. Il suffira donc de multiplier par 10 le nombre déjà trouvé de 1225, ce qui indique qu'un fer à double T des dimensions indiquées et d'*un mètre de portée* peut supporter au milieu un poids de 12250 kilogr.: en divisant ce chiffre par la portée réelle de la poutre, on a la charge que celle-ci pourra supporter.

Il va sans dire que connaissant le coefficient de travail avec lequel sont calculés les chiffres donnés dans ces tableaux, on peut passer sans difficulté aux charges que supporteraient les pièces pour des coefficients de travail différent.

Ce petit recueil nous semble appelé à rendre de réels services pour les calculs usuels de résistance des matériaux qui se présentent à chaque instant dans la pratique.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, 20, RUE BERGÈRE. — 13442-7.

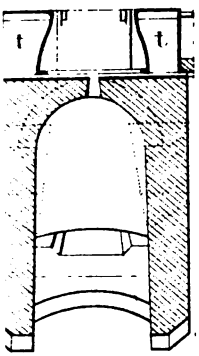
Fig. 9.
ot avec boîte à
annulaire.

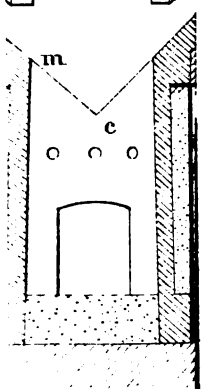


rdi.

Fi

Fig. 11.





:0.
e tuyère.

Gmelin.

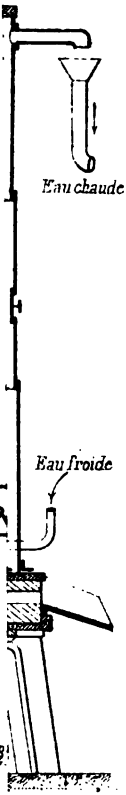


Fig. 22. Cubilot Woodward.

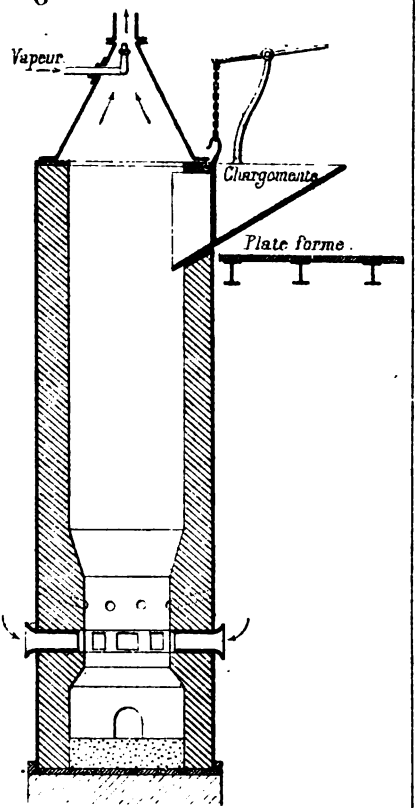
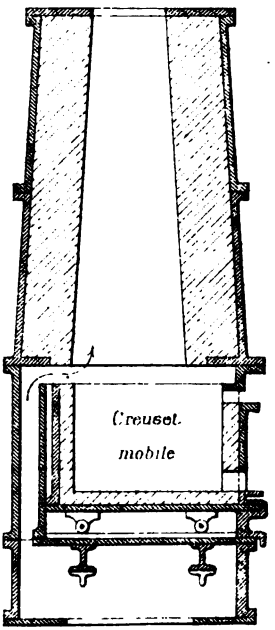


Fig. 21. Système Bocard. *Ech.* 1/40.



Ibbruger

Fig. 42.

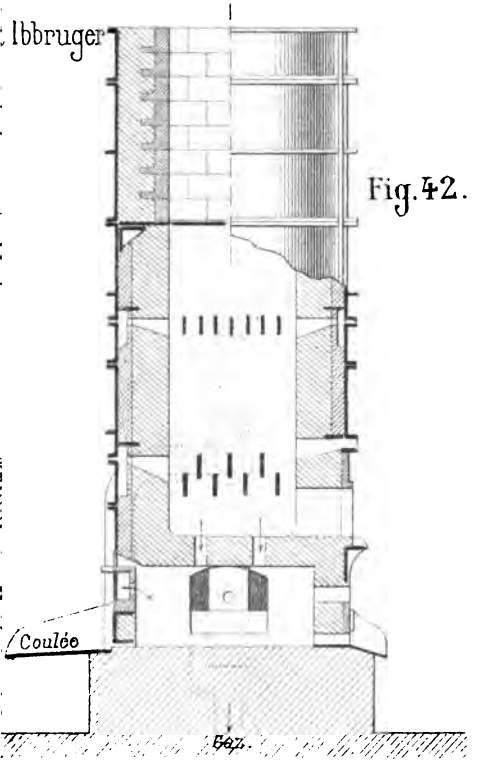
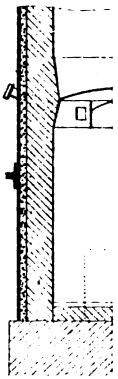


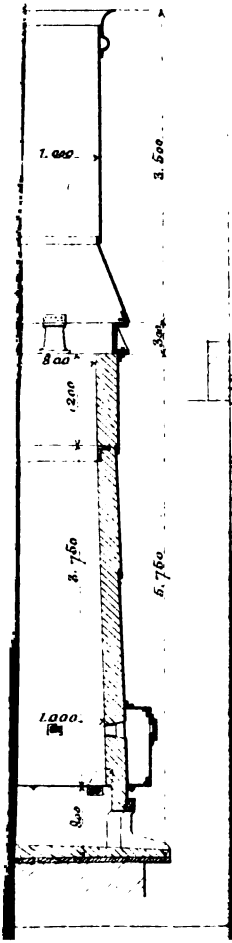
Fig. 34. Cou

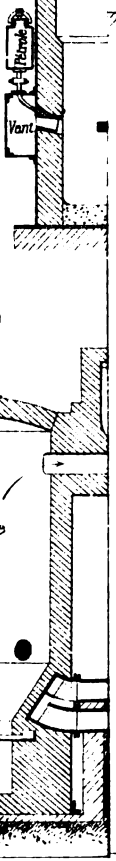


ig. 27.

ot Voisin Bic

Fig





Système Herdhitschka

Fig. 40.

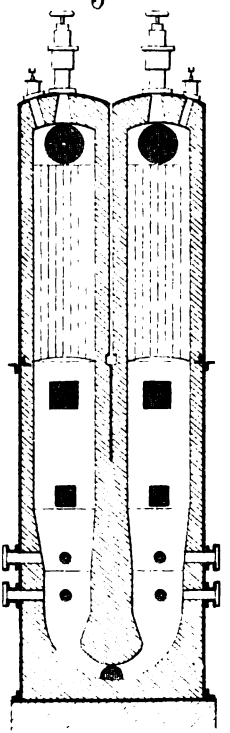
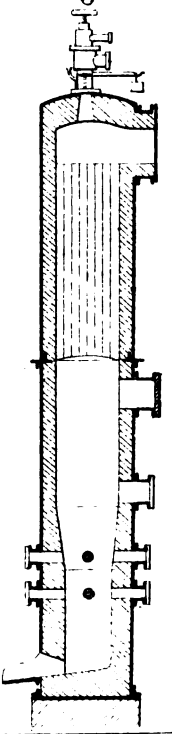
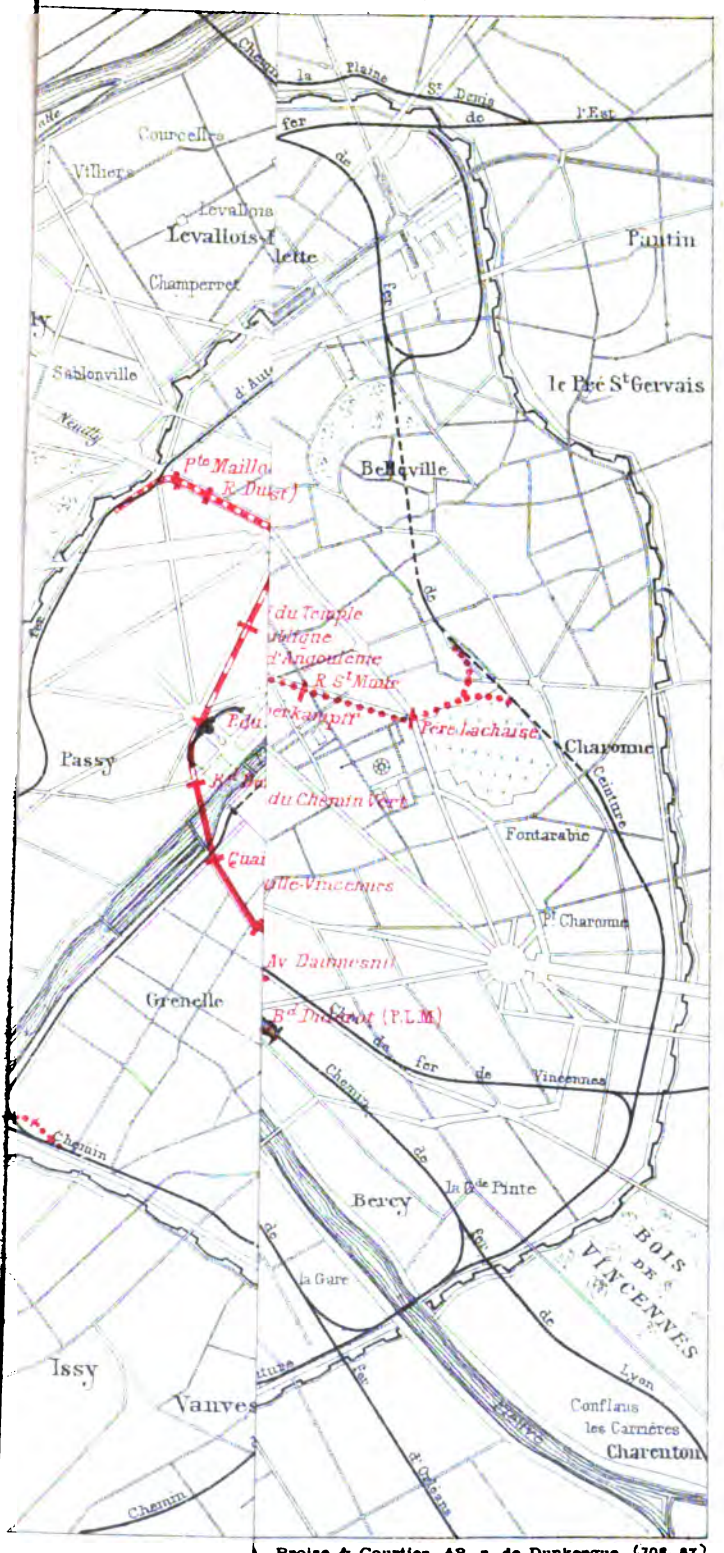


Fig. 41.





A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque. (708. 67)

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

JUIN 1887

N° 6

Sommaire des séances du mois de juin :

1° Lettre de M. Bunel *au sujet de l'incendie de l'Opéra-Comique* (Séance du 3 juin, page 809);

2° *Observations sur le rôle de l'État dans l'organisation du travail industriel,* au sujet des communications de MM. G. Salomon, Gruner et Cantagrel, par M. Couriot (Séance du 3 juin, page 810);

3° *Chemin de fer Métropolitain de Paris.* Suite de la discussion du Rapport de M. Pradon, par MM. Haag, de Nordling, Jules Garnier, Auguste Moreau, Chardon, Boudenoot, Level (Séances des 3 et 17 juin, pages 818 et 854);

4° *Notice nécrologique de Lespermont,* par M. Boudenoot (Séance du 17 juin, page 842);

5° *Notice nécrologique de M. Huet Alfred,* par M. Périssé (Séance du 17 juin, page 844);

6° *Situation financière de la Société au 1er juin 1887,* par M. Hallopeau, trésorier (Séance du 17 juin, page 846);

7° *Souscription pour les mineurs de Saint-Etienne.* Remerciements adressés à la Société par M. Reymond, député de la Loire (Séance du 17 juin, page 849);

8° *Remise de la médaille d'or* à M. Le Brun, pour son mémoire sur l'application des échelles logarithmiques au calcul des terrassements (Séance du 17 juin, page 850);

9° *Chemin de fer de Bayonne à Biarritz*, par MM. A. Mallet et Carimantrand (Séance du 17 juin, page 851);

10° *Excursion à Rouen et au Havre.* Lettre de MM. de Coëne et Le Brun (Séance du 17 juin, page 854).

Pendant le mois de juin la Société a reçu :

De M. Delaurier, un exemplaire de son mémoire intitulé : *Observations sur l'emploi des Accumulateurs pour régulariser la lumière électrique;*

De M. Benoit-Duportail, membre de la Société, un exemplaire d'un *Dictionnaire français-allemand et allemand-français*, de W. de Suckau, revu par Théobald Fix;

De M. E. Lahaye, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Le rétablissement d'un impôt sur la petite vitesse;*

De M. Gentilini, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure intitulée : *Les voies de communication en Cochinchine;*

De M. Bunel, membre de la Société, un exemplaire du *Rapport sur les mesures hygiéniques à prescrire dans l'exécution des grands travaux de voirie* (rapport du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine);

De M. Bouissou, membre de la Société, un exemplaire de sa *Note sur l'installation du service des Messageries de la nouvelle gare Saint-Lazare, de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest à Paris* (extrait des numéros de février et de mars 1886 de la *Revue Générale des Chemins de fer);*

De M. E. Lavallard, membre de la Société, un exemplaire de son *Rapport sur les opérations du service de la cavalerie et des fourrages pendant l'exercice 1886*, présenté au Conseil d'administration de la Compagnie des Omnibus dans la séance du 23 février 1887;

De M. Chômienne, membre de la Société, un exemplaire de sa *Notice sur les tubes à ailerons du système Jean Serge de Givors (Rhône);*

De M. Hamélius, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur son *Cubilot avec combustion complète de l'oxyde de carbone dans la cuve;*

De M. Polonceau, membre de la Société, un exemplaire d'une traduction de la *Loi du 19 mai 1884 donnant un règlement pour la police des incendies pour la capitale de Vienne (Autriche).*

De M. G. Salomon, membre de la Société, un exemplaire de sa bro-

chure sur *l'Enseignement professionnel, industriel et commercial* (Conférence faite à la bibliothèque Forney le 31 mars 1887);

De M. Delaurier, la copie d'une lettre adressée à M. le Dr Soulages, directeur du journal *l'Électricité*;

De M. A. Bausselance, un exemplaire d'un *Rapport présenté au nom des Commissions d'administration locale et des travaux publics sur les droits locaux de navigation*;

De M. Revin, un exemplaire de son mémoire intitulé : *Résumé d'un projet de chemin de fer aérien automoteur;*

De M. Clermont, membre honoraire de la Société, un exemplaire de *Les Rapports présentés à l'Assemblée générale des actionnaires de la Société anonyme du chemin de fer de Liège à Maestricht et ses extensions*;

De M. Valentino Rapizza, un exemplaire de la *Conferenza internationale dell' Unione pella protezione della proprieta industriale tenutasi in Roma nel 1886.*

De M. Caillé, membre de la Société, une *Note sur un système d'éclisse, dite éclisse passe-joint.*

Les membres nouvellement admis sont :

MM. Jac, présenté par MM. Brossard, Cauchy et Hallopeau;
Weyer, — Baumann, Carimantrand et Franck de Préaumont.

Comme membres associés :

MM. Duboul, présenté par MM. Brüll, Périssé et Regnard;
De la Hitte, — Durupt, Retterer et Thareau.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1887

Séance du 3 Juin 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

A propos du procès-verbal, M. HAUET explique qu'il n'a pas dit, comme M. de Nordling paraît l'avoir compris, d'après ce que porte le procès verbal à la page 711, que M. Christophle ait voulu *sciemment* exposer ses actionnaires à la réduction ou à l'annulation de leur revenu au cas où les devis seraient dépassés. M. Hauet a dit précisément le contraire.

M. DE NORDLING reconnaît qu'apparemment il y a eu méprise. Il avait cru à l'audition que M. Hauet s'était approprié et avait reproduit les réflexions contenues dans le rapport de M. Pradon (p. 147-151).

Après ces observations le procès-verbal est adopté.

M. LE PRÉSIDENT annonce le décès de deux membres de la Société : M. Barbier et M. Borrel Fontany.

M. Barbier, entré à la Société en 1872, est mort à l'âge de 56 ans. M, Barbier a été préparateur au Muséum, à l'École Polytechnique, directeur de la fabrique de caoutchouc Rattier, puis directeur de l'usine Menier, à Grenelle, enfin, associé de Leclanché, constructeur de piles électriques.

M. Borrel-Fontany, mort à 69 ans, était membre de la Société depuis 1873. Il était horloger-mécanicien, à Paris (ancienne maison Wagner).

La souscription qui a été ouverte à la Société pour venir en aide aux victimes de la catastrophe de Saint-Étienne a été close au chiffre de 3 070 francs, souscrits par 198 membres et dont l'encaissement a été terminé aujourd'hui même.

Il a été effectué un versement de 1 700 francs, il reste à verser le complément de 1 370 francs, ce qui sera fait ces jours-ci, entre les mains de notre collègue M. Reymond.

J'ai reçu une lettre de notre collègue M. Bunel, architecte en chef de la Préfecture de la Seine.

La Société appréciera tout l'intérêt que cette lettre présente après le malheur terrible qui a frappé un si grand nombre de familles lors de la catastrophe de l'Opéra-Comique.

Monsieur le Président,

Voulez-vous me permettre d'appeler l'attention de la Société sur une des mesures prescrites par la Commission supérieure des théâtres :

« Dans le délai de trois mois tous les théâtres devront être pourvus » d'un rideau plein en tôle fermant hermétiquement l'ouverture de » scène. Ce rideau devra pouvoir être manœuvré facilement et sans » bruit, de deux points au moins, de la scène, du pupitre du chef » d'orchestre et même de la loge du concierge. »

Je crois qu'il y a là un problème intéressant à poser à nos collègues et je ne doute pas qu'avant peu plusieurs solutions ne vous soient présentées.

Veuillez agréer, Monsieur le Président, l'assurance de mes sentiments les plus distingués,

BUNEL.

Cette lettre ne manquera pas d'appeler l'attention des membres compétents de la Société des Ingénieurs Civils.

La Société a reçu une note de M. Hamélius, qui a été empêché d'assister à la séance où M. Jordan a donné l'analyse du mémoire de M. Gouvy sur les cubilots. Des renseignements sont joints à la lettre ; les plus importants pourront être imprimés dans le compte rendu à la suite du mémoire de M. Gouvy.

La visite de la gare de messageries de la rue de Berne et de l'usine de compression d'eau établie dans la gare des Batignolles, a eu lieu vendredi 27 mai. Grâce à l'excellente organisation établie par M. le Directeur de la Compagnie et par M. le Directeur de l'Exploitation, nous avons examiné, sous la conduite de M. Morlière, ingénieur en chef de la voie et des travaux neufs et de M. l'ingénieur du matériel fixe de la voie, Bouissou, notre collègue, les intallations très intéressantes que la Compagnie de l'Ouest vient de terminer. Dans cette visite, nous avons entendu les explications données par M. Bassère, ingénieur en chef, et par M. Ribourt, ingénieur de la Compagnie de Fives-Lille. tous deux membres de la Société.

Des remerciements ont été adressés à la Compagnie de l'Ouest, à M. Morlière, à M. Bouissou et à MM. Bassère et Ribourt.

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. Couriot.

M. COURIOT. — Messieurs, au moment où les communications de MM. G. Salomon, Gruner et Cantagrel, viennent de paraître dans le *Bulletin*, je crois devoir faire ressortir un fait d'une grande importance qui se dégage de leurs mémoires et qui mérite d'attirer toute l'attention de la Société des Ingénieurs civils : c'est la tendance presque générale des législateurs, — tendance à laquelle notre pays n'a pas échappé, — à s'immiscer de plus en plus dans l'organisation du travail industriel, à s'interposer entre le patron et l'ouvrier, sous prétexte d'insouciance, d'indifférence et de faiblesse des ouvriers, et d'incapacité, d'ignorance, d'oppression, d'âpreté, au gain des patrons.

Il m'a semblé qu'au sein de la Société des Ingénieurs Civils, qui est la plus haute personnification des connaissances professionnelles, il y avait lieu de s'inscrire contre cette accusation d'incapacité et d'ignorance portée contre les chefs d'industrie, et de demander la liberté, tant au point de vue de la durée de la journée de travail qu'au point de vue des mesures à prendre soit pour garantir le patron, soit pour protéger l'ouvrier, en cas d'accident survenant dans l'industrie.

A côté des faits, qui vous ont été exposés d'une façon si complète par nos collègues, je vous demande donc la permission de traiter très brièvement la question de doctrine.

Le louage d'ouvrage, tel qu'il résulte des articles 1708 et suivants du Code civil, et en vertu duquel s'effectue l'embauchage des ouvriers, constitue un véritable contrat, contrat bilatéral passé entre le patron et l'ouvrier, et dont les conditions doivent être librement débattues par les deux contractants, soit en dehors de toute intervention de l'État. Si on reconnaît à ce dernier le droit de régler une des conditions de ce contrat, notamment celle qui est relative à la durée journalière du travail, il faut alors admettre qu'il peut en débattre toutes les autres clauses, et par suite fixer le salaire. Vous voyez que, de concession en concession, si on accorde à l'État le droit de déterminer la durée de la journée de travail, il faut lui reconnaître *ipso facto* le même droit pour la fixation du salaire, en un mot on l'investit d'un droit d'asservissement de l'industrie tout entière.

Je crois donc devoir demander la liberté, dans l'intérêt de tous :

1° Dans l'intérêt du patron, qui doit rester seul juge du meilleur rendement individuel qu'il peut obtenir de l'ouvrier, rendement variable suivant les circonstances, avec la durée du travail, avec la nature des occupations et avec les aptitudes spéciales de l'ouvrier — ce qui ne permet pas d'établir de règle unique, applicable à l'ensemble des pro-

fessions, d'avoir, en un mot une commune durée du travail pour toutes les industries, — mais rendement dont le patron doit être maître en raison de l'influence que celui-ci exerce sur son prix de revient;

2° Dans l'intérêt de l'ouvrier, car il faut que celui qui a charge de famille, ainsi que celui qui est dans le besoin et qui veut gagner un peu plus au prix d'un travail supplémentaire, puisse faire un effort et rapporter ainsi davantage au logis.

La cause de la liberté, défendue par M. Salomon, doit donc trouver un écho parmi nous. Cette liberté, les patrons la demandent pour eux; quant aux ouvriers, nous n'avons jamais vu que les mauvais ouvriers réclamer la réduction de la durée de la journée de travail, comme aussi la fixation d'un salaire uniforme, quel que soit le service rendu, quelle que soit la capacité professionnelle; autre utopie du même ordre que la première et qui en est d'ailleurs la conséquence.

Nous pouvons donc proclamer que, sur la question de la réduction des heures de travail, les patrons sont d'accord avec les ouvriers, d'accord avec les ingénieurs, et nous inscrire contre les diverses propositions dont est actuellemment saisie la Chambre des Députés, ayant pour objet la réglementation de la durée du travail dans l'industrie.

En ce qui concerne l'assistance ouvrière et les lois qui en ont réglementé l'organisation dans les divers pays du monde, sans entrer dans le détail des formes que l'assistance peut revêtir, je crois qu'il y a lieu de rejeter le principe de l'obligation en matière d'assurance, et aussi cet autre principe qui figure dans le projet de loi du gouvernement, en vertu duquel le patron est présumé responsable de tous les accidents qui arrivent au cours du travail, s'il n'établit pas que ces accidents sont la conséquence de la propre imprudence de la victime, ou bien qu'ils sont dus soit à un cas fortuit, soit à un cas de force majeure.

On tend en effet, à établir une doctrine nouvelle dite du *renversement de la preuve* qui aurait pour résultat de créer une présomption toujours favorable à l'ouvrier et de faire considérer le chef d'industrie comme responsable en toutes circonstances, s'il ne prouve pas sa non-culpabilité. Cette doctrine est en opposition avec notre législation, car, aux termes des articles 1382 et suivants du Code civil, il appartient au demandeur, soit à l'ouvrier, d'établir que le préjudice dont il demande réparation est le résultat d'une faute du chef d'industrie; renverser la preuve, c'est-à-dire obliger le chef d'industrie à prouver sa non-culpabilité, alors qu'il appartient à l'ouvrier d'établir la culpabilité du patron, c'est renverser les rôles, c'est ouvrir la porte à toutes les réclamations et aux revendications les moins justifiées.

Il faut donc établir nettement la part de responsabilité qui revient à chacun dans les accidents, et celle-ci me paraît avoir été très claire-

ment définie dans une étude que je prends la liberté de recommander à votre attention, et que M. Delecroix, Docteur en droit, Avocat du barreau de Lille, a fait paraître dans la *Revue de la Législation des Mines*.

C'est encore par l'application et la discussion des principes qui dérivent du louage d'ouvrage, c'est-à-dire des articles 1708 et suivants du Code civil que M. Delecroix établit avec toute l'équité désirable la part de responsabilité qui revient à chacun dans les accidents.

Le contrat de travail est une convention verbale par laquelle un patron et un ouvrier se mettent d'accord pour l'exécution d'un ouvrage en commun. Cette convention comporte des obligations corrélatives réciproques.

D'une part, le patron promet un salaire ; de l'autre l'ouvrier s'engage à exécuter un travail déterminé.

Le patron, d'un côté, est tenu de prendre toutes les mesures en son pouvoir pour assurer la sécurité et l'hygiène des ateliers, usines, chantiers, mines, etc.

L'ouvrier, de l'autre côté, s'engage à se conformer aux ordres et aux instructions qui lui seront donnés dans l'intérêt de la conservation des personnes et des choses.

Le patron qui manque à ses engagements en ne prenant pas toutes les mesures de nature à assurer la sécurité de l'ouvrier est tenu envers celui-ci de le garantir et de l'indemniser de toutes les conséquences des accidents dont il viendra à être victime.

Il résultera des fautes du chef d'industrie une prèmière catégorie d'accidents, dont la responsabilité remontera par suite au patron.

L'ouvrier qui ne se soumettra pas aux règlements de la maison, qui commettra des infractions aux ordres qui lui auront été donnés, devra de son côté supporter toutes les conséquences de ses fautes. Celles-ci formeront donc une deuxième catégorie d'accidents dont la responsabilité incombera à l'ouvrier.

Mais il y a une troisième classe d'accidents comprenant tous ceux qui restent en dehors des stipulations du contrat : c'est celle des accidents dus à des cas fortuits ou à des circonstances de force majeure qui constituent le *risque professionnel;* ces accidents ne pourront être mis soit à la charge du patron, soit à la charge de l'ouvrier, puisqu'il ne pourra être démontré qu'ils ont, l'un ou l'autre, manqué à leurs engagements.

La solution proposée par M. Delecroix pour faire face au risque professionnel, solution à laquelle a eu recours le projet du gouvernement, consiste à couvrir ce risque spécial au moyen d'une assurance particulière, dont la moitié de la prime annuelle sera payée par le patron et l'autre moitié par l'ouvrier.

Cette assurance, qui n'aurait à faire face qu'aux accidents dont les causes sont placées en dehors de la prévoyance et de la clairvoyance humaine, rendrait les plus grands services ; j'ajouterai même qu'elle est bien

autrement plus morale que l'assurance qui garantit le chef d'industrie contre les acidents de toute nature et notamment contre ceux qui peuvent résulter de ses fautes ou de son imprévoyance. Y recourir serait donc sage et pratique, mais je ne crois pas que le législateur ait autorité pour imposer de semblables assurances, pas plus que les assurances qui s'appliquent aux accidents de toute nature. Il importe, avant tout, de respecter la liberté individuelle, chacun devant rester maître soit de se garantir des conséquences du risque professionnel au moyen d'une assurance spéciale, soit au contraire d'en courir les chances.

Le patron ou l'ouvrier qui ne se seront pas assurés contre les accidents fortuits ou dus à des cas de force majeure devront être considérés comme leurs propres assureurs chacun pour moitié et en subiront toutes les conséquences.

Au lieu de cela, le projet de loi du gouvernement stipule qu'à défaut d'assurance, le patron sera considéré comme responsable en toutes circonstances, ce qui est manifestement contraire à l'équité.

Certaines propositions de loi, contrairement à la doctrine qui vient d'être exposée, mettent à la charge du chef d'industrie toutes les conséquences du risque professionnel; en dehors des motifs que je viens de faire valoir, on ne conçoit pas que le patron doive supporter seul le risque professionnel, par cette raison que l'ouvrier qui fait choix d'une profession dangereuse y est entraîné par la pensée d'y rencontrer un gain plus élevé que celui qu'il trouve dans les autres industries et que le supplément de salaire qu'il reçoit équilibre exactement le supplément de risque qu'il encourt.

Il résulte de ce qui précède que le chef d'industrie paye par avance à l'ouvrier le risque qu'il lui fait encourir et que le rendre, en cas d'accident fortuit, responsable des conséquences de cet accident, c'est lui faire payer deux fois les charges du risque professionnel.

On ne comprend pas, comme le voudrait le projet de loi du gouvernement, que l'ouvrier ne puisse être responsable que des accidents résultant de sa propre imprudence.

En effet, l'imprévoyance, la négligence, l'ivresse de la victime ne sont-elles pas autant de fautes graves devant engager sa responsabilité, alors surtout qu'elles exposent non seulement la personne de l'ouvrier, mais quelquefois encore la vie même de ses camarades ?

L'Allemagne n'a pas su établir de distinction entre les accidents qui sont le résultat des fautes du patron ou de l'ouvrier, et les accidents qui sont dus à une circonstance fortuite ou à un cas de force majeure, et, par ses nouvelles lois, dont M. Gruner a fait une si complète étude, elle a arbitrairement imposé l'assurance contre les accidents à tous les corps d'état sans distinction, en vue de couvrir tous les risques quels qu'ils soient, assurant ainsi plusieurs millions de travailleurs, mais laissant toutes les charges aux industriels seuls.

Par là, l'Allemagne a commis une lourde faute, car elle a retiré à

chacun la préoccupation qu'il doit avoir de prévoir et de prévenir les accidents. La loi allemande est *inique* au point de vue du patron, qui, coupable ou non, supporte toutes les conséquences des accidents, puisqu'elle met toutes les primes à sa charge; elle est *dégradante* pour l'ouvrier, qu'elle abaisse au rang d'être inconscient de ses fautes et irresponsable de ses actes, à peine digne de comprendre les bienfaits de l'assurance, puisqu'il ne participe pas aux charges qu'elle entraîne.

Enfin, pour assurer l'exécution de la loi, le gouvernement allemand a été conduit à créer tout un corps d'inspecteurs chargés d'en surveiller le fonctionnement; en substituant ainsi à la prévoyance de l'individu la prévoyance de l'État; l'Allemagne a dû armer son gouvernement d'un droit d'investigation et de contrôle absolu sur les actes de tous ses citoyens. Elle a totalement aliéné sa liberté d'action !

Ne la suivons pas dans cette voie !

L'obligation en matière d'assurances doit être écartée, pour trois raisons :

1° Parce que l'État n'a pas à intervenir dans le *contrat de travail*, dont les conditions doivent être librement débattues par le patron et par l'ouvrier, soit en dehors de toute immixtion, et réglées par la grande loi qui préside à tous les échanges et à toutes les transactions humaines : par la loi de l'offre et de la demande.

2° Parce que le salaire tient compte du risque encouru par l'ouvrier.

3° Parce qu'on n'impose pas l'épargne, parce qu'on ne décrète pas la prévoyance, qui doivent être le résultat d'une éducation économique plus développée; parce que le salaire, fruit du travail, est le bien de l'ouvrier, comme le bénéfice est la propriété légitime du chef d'industrie, et qu'il n'appartient à personne d'en disposer contre leur gré.

D'autres propositions de loi, celle de MM. Félix Faure et Martin Nadaud, celle de MM. Maurice Rouvier et Francis Laur, sous prétexte de sécurité du travail, de salubrité, d'hygiène, demandent soit la création d'un corps d'inspecteurs des fabriques, soit la réglementation du travail industriel, contrôle, surveillance incessante. qui constitueraient des mesures éminemment attentatoires à la liberté, et qui ne peuvent ni ne doivent trouver place dans notre législation contemporaine.

L'abolition des corporations, des jurandes et des maîtrises a émancipé l'industrie, ne lui faisons pas faire aujourd'hui un pas d'un siècle en arrière.

Le rôle de l'État dans l'industrie doit se borner à la protection de l'enfance, à la surveillance des établissements insalubres proprement dits et à la perception des droits dont sont grevés, dans un intérêt général, certains produits fabriqués; pour ce qui est du reste, l'industrie française, aux mains d'ingénieurs distingués, est aujourd'hui *majeure*, et demande à échapper à cette intervention continuelle du législateur dans ses moindres actes d'administration et d'exploitation.

Qu'il me suffise de rappeler les féconds résultats réalisés par la libre expansion de l'initiative privée, et notamment les merveilleux effets obtenus en Alsace par l'*Association pour prévenir les accidents de machines,* fondée en 1867 par la *Société mutuelle de Mulhouse;* c'est à la puissante et intelligente organisation de l'Association alsacienne que les établissements d'Alsace doivent d'avoir pu échapper à la surveillance des fonctionnaires allemands.

Quand, pour assurer l'application des lois nouvelles, fut créé le corps d'inspecteurs dont il vient d'être question, le gouvernement allemand, qui tend cependant à germaniser les provinces conquises par le fonctionnarisme, ne crut pas pouvoir mieux faire que les inspecteurs de l'Association alsacienne, et se déchargea sur eux du soin de surveiller l'application des lois sur l'assurance obligatoire; c'est donc bien à l'Association alsacienne que patrons et ouvriers d'Alsace doivent d'avoir évité — partiellement — l'inquisition allemande.

De semblables résultats et ceux non moins étonnants obtenus en France par l'*Association des industriels de France,* fondée en 1884 par notre sympathique ancien Président M. Muller, et qui, bien que de fondation si récente, étend aujourd'hui son action bienfaisante à 35,000 ouvriers, montrent, mieux que ne le feraient de longues dissertations, les prodiges que l'on peut réaliser par la libre initiative des chefs d'industrie.

C'est en groupant ainsi leurs efforts, c'est par l'association, c'est par la mutualité que les chefs d'industrie éviteront l'intervention continuelle du législateur dans l'organisation du travail : ils montreront alors qu'ils n'ont pas besoin de la pression et de la contrainte des pouvoirs publics pour faire le bien, pour diminuer le nombre des accidents, pour réduire la mortalité ouvrière et améliorer le bien-être de la classe laborieuse, au profit du pays tout entier.

S'ensuit-il que l'Etat ne doive rien faire? Telle n'est pas ma pensée : il peut et doit intervenir sous forme d'encouragements; mais son action ne saurait aller au delà et j'estime que la libre initiative des chefs d'industrie, la concurrence qui en est la conséquence, et les connaissances professionnelles qui sont mises par le Génie civil au service des industriels donnent à l'État toutes les garanties de progrès désirables.

Je résume donc ces observations en protestant contre l'intervention du législateur dans l'organisation du travail industriel. Cette immixtion ne tend à rien moins qu'à la mise en tutelle, à l'oppression et à l'asservissement de l'industrie tout entière, sous prétexte de protection du travail et je formule cette protestation au nom de la *Science* et de la *Liberté,* qui seront toujours les deux plus grands facteurs de notre industrie nationale !

M. Périssé. — Je m'associe à ce que M. Couriot vient de dire. Evidemment nous tous, ingénieurs, hommes d'initiative et de pratique,

nous voulons que ce soit l'initiative privée qui apporte la solution des questions d'économie sociale. Mais M. Couriot a indiqué ce qu'il ne fallait pas faire, et il n'a pas dit ce qu'il fallait faire. C'est là que la difficulté commence.

Il est incontestable que les associations pour prévenir les accidents, dont a parlé M. Couriot rendent de grands services. Il faut donc encourager ces associations, car les résultats remarquables obtenus en Alsace et à Paris démontrent que 50 0/0 des accidents sont évités par ces associations. Mais il en reste encore 50 0/0 qui proviennent de cas fortuits ou de force majeure ; pour ceux-là, il faut faire quelque chose pour se mettre à l'abri des conséquences dommageables. En Allemagne, la loi a imposé l'assurance mutuelle. Les industriels allemands ne sont pas ennemis de cette assurance obligatoire ; ce qu'ils repoussent, c'est l'ingérence d'inspecteurs officiels ; mais, au fond l'assurance a, pour eux et pour les ouvriers, de très grands avantages.

Je signale tout de suite un inconvénient : c'est que le nombre des accidents a augmenté ; c'est-à-dire que, lorsqu'on n'a pas intérêt direct à éviter un accident, on prend moins de précautions, et, comme c'est la mutualité, c'est la corporation qui le paie, on fait moins attention.

Le correctif semble trouvé : c'est que l'industriel ne devrait pas pouvoir s'assurer d'une façon complète contre l'accident. Le dommage étant de 1,000 francs, par exemple, il devrait prendre 5, 10 ou 20 0/0 à sa charge. De même la loi devrait interdire aux Compagnies d'assurances contre l'incendie d'assurer la totalité de l'accident ou du sinistre. On devrait toujours supporter une partie des pertes résultant de l'accident ou du sinistre.

Je prie M. Couriot, très compétent dans les questions d'économie industrielle de vouloir bien nous dire dans une prochaine séance, ce qu'il faut conseiller à l'initiative privée de faire : il ne faut pas seulement démolir, il faut aussi construire.

M. Simon désire présenter une très courte observation au sujet de la communication de M. Georges Salomon, que vient de rappeler M. Couriot :

Dans son intéressante communication, en date du 18 février dernier, M. Georges Salomon affirme que le décret-loi du 9 septembre 1848 sur la limitation des heures de travail n'a pour ainsi dire jamais été observé, avant comme après la loi du 16 février 1883, qui est venue en rappeler l'existence. M. Salomon a peut-être un peu trop généralisé. De ce que des ateliers n'observent pas la loi, il n'en faudrait pas conclure que l'œuvre du législateur a été stérile. La limitation de la journée manufacturière à douze heures, énergiquement réclamée à la tribune de la Constituante par l'un de nos anciens et regrettés Présidents, Michel Alcan, est adoptée dans nombre de centres industriels où, jusqu'en 1848, la journée de treize, quatorze ou quinze heures se pro-

longeait forcément pour l'ouvrier jusqu'à quinze, seize et dix-sept heures, en tenant compte du chemin à parcourir pour venir à l'usine et pour regagner le logis.

Aussi le décret-loi du 9 septembre 1848 fut-il accueilli avec un véritable sentiment de gratitude par la population ouvrière et par ceux des patrons qui, désireux de mesurer la tâche à la puissance physique de leurs collaborateurs, se trouvaient entravés par la crainte de succomber sous une concurrence moins scrupuleuse.

Il m'a paru équitable de rappeler les circonstances d'une réforme tout à l'honneur de l'un des nôtres, et qui montre comment le législateur doit parfois intervenir pour aider au bon vouloir des mieux intentionnés. C'est affaire de tact et de mesure.

M. Couriot. — Je demanderai à dire quelques mots de réponse à M. Périssé, bien qu'il ait pris soin de répondre lui-même à sa propre observation, mais auparavant, je voudrais vous faire remarquer, d'après la communication même de M. Gruner, quelle est la conséquence déplorable de l'immixtion de l'État dans l'industrie en Allemagne, où cette intervention s'est produite de la façon la plus complète. « Tout cet » organisme, nous dit M. Gruner en nous parlant des nouvelles insti- » tutions allemandes, fonctionne sous l'œil vigilant des autorités qui » viennent vérifier la tenue des registres d'entrée et de sortie des » ouvriers. Grâce à ces déclarations et inscriptions obligatoires, l'État » peut suivre, presque jour par jour, les mouvements des ouvriers; » par les tableaux multiples qu'il réclame à la fin de chaque année, » sous prétexte de statistique et de contrôle financier, l'État connaît » exactement l'importance des feuilles de paye, le gain journalier de » chaque catégorie d'ouvriers et pénètre dans les détails de la situation » financière des industriels. »

Voilà, en un mot, les résultats et les conséquences de l'obligation en matière d'assurances.

En ce qui concerne le remède que M. Périssé voudrait me voir proposer, je dois lui faire observer qu'il a constaté lui-même que l'obligation en matière d'assurances avait pour conséquence d'augmenter le nombre des accidents et la mortalité ouvrière. Je répondrai donc qu'un *remède* comme celui-là n'en est pas un, et qu'il vaut mieux rester dans le *statu quo* que de recourir à une solution semblable. Quant au rôle de l'État, il serait très utile si, par des encouragements, il provoquait librement des œuvres comme celles dont j'ai signalé les résultats si féconds, œuvres qui ont, sur les fondations officielles, l'avantage d'être plus perfectibles et mieux appropriées aux besoins spéciaux des régions ou des professions qui en prennent l'initative.

M. le Président. — Je remercie M. Couriot de son éloquent plaidoyer pour la liberté industrielle. Je remercie M. Périssé et

M. Simon de leurs explications. Nous allons passer à la suite de la discussion du rapport de M. Pradon sur le réseau métropolitain. La parole est à M. Haag.

M. Haag. — Il n'entrait pas dans mes intentions de prendre part à un débat qui devait exclusivement porter sur le projet de chemin de fer métropolitain actuellement soumis aux Chambres.

Mais, la discussion d'une solution entraînant nécessairement l'examen des solutions contraires, il s'est trouvé qu'à plusieurs reprises, dans vos deux dernières séances, on a parlé de mes travaux. Je n'aurais eu cependant à intervenir que pour remercier la Société des Ingénieurs civils de ses précieuses sympathies, si, pour réhabiliter la solution souterraine, M. de Nordling ne s'était pas livré inopinément à une critique assez vive de mon projet. Cette critique est basée, comme vous avez pu en juger, sur d'anciens arguments que j'ai déjà réfutés devant vous, mais que je suis forcé de réfuter encore une fois, puisqu'ils se reproduisent de nouveau.

Vous le savez mieux que personne, Messieurs, mes études ont été faites au grand jour. La Société des Ingénieurs civils, depuis le 16 mars 1883, a reçu constamment mes communications, auxquelles elle a bien voulu prêter la publicité de ses séances et de son Bulletin.

Elle possède le dossier complet de mon avant-projet, tel qu'il a été déposé au ministère en décembre 1885, et je me suis fait un devoir de la tenir au courant de tous mes travaux ultérieurs.

M. de Nordling, étant membre de votre Société, pouvait donc ici même trouver tous les éléments d'information dont, au cours de son improvisation, il a paru regretter l'absence. Bien plus, quelques jours avant la séance du 8 mai, sur sa demande, j'ai eu l'honneur de le recevoir dans mes bureaux et de lui faire voir non seulement mes esquisses, suivant sa propre expression, mais encore mes plans de détail au 2/1000, et quelques autres documents qu'il n'a malheureusement pas eu le temps d'examiner de près. Je me suis, en outre, mis à son entière disposition, pour lui fournir loyalement tous les renseignements complémentaires dont il aurait besoin, entre autres, bien entendu, la longueur kilométrique de mon réseau, qu'il a, vous a-t-il dit, pris la peine de mesurer lui-même au compas, sur un plan à toute petite échelle.

C'est donc moins à la prétendue insuffisance de mes études, qu'à des procédés d'examen trop sommaires, que je pourrais attribuer les critiques que je vous signalais tout à l'heure. M. de Nordling m'écrit d'ailleurs que la question du Métropolitain, qu'il a traitée devant vous le 20 mai, lui était totalement étrangère jusqu'au 9 du même mois. Il me permettra de lui répondre, avec tout le respect que je dois à son expérience et à sa haute compétence en matière de travaux, que

ce n'est pas en onze jours qu'on peut se former une opinion personnelle bien motivée sur un pareil sujet.

Pour moi, voilà cinq ans que je m'occupe du Métropolitain, et ce n'est que grâce à un labeur obstiné et au concours de collaborateurs convaincus et dévoués, ce n'est qu'après de nombreux tâtonnements que j'ai pu donner la forme d'un projet définitif et complètement étudié dans toutes ses parties à ce qui n'était, au début, qu'une conception presque théorique.

Je n'ai pas à vous refaire ici la description de mon projet. Je ne veux en parler que pour répondre aux critiques de M. de Nordling.

Pour donner plus de force à ses conclusions, M. de Nordling me semble avoir, un peu volontairement peut-être, méconnu les avantages de la solution sur arcades que j'ai présentée. Permettez-moi donc de les lui rappeler rapidement.

Je n'insisterai pas sur les préférences du public, que personne n'a jamais contestées, et que M. Armengaud a caractérisées ainsi dans la séance du Conseil municipal du 25 juin 1886 :

« Si aujourd'hui vous faisiez plébisciter la population parisienne sur » la question du chemin de fer aérien ou du chemin de fer souterrain, » la réponse ne serait pas douteuse. Elle vous montrerait, de la façon » la plus certaine, que le Parisien veut voyager à l'air libre, en pleine » lumière. »

Le principal avantage du système que j'ai défendu me paraît être, au point de vue technique, contrairement à l'avis de M. de Nordling, la soudure directe des grandes lignes, à laquelle est attachée l'étiquette d'intérêt général que le Conseil d'État a cru devoir, très justement à mon sens, attribuer au Métropolitain.

J'ai étudié mes raccordements avec les Ingénieurs des Compagnies. Pour la Compagnie de Lyon, pour l'Est-Vincennes, pour l'Orléans, cela ne souffre aucune difficulté technique. Le Lyon et l'Est-Vincennes sont reliés dans leur gare même. L'Ouest-Saint-Lazare se présente également dans des conditions excellentes, puisque les rails s'y trouvent à un niveau très favorable pour en sortir directement en viaduc et franchir les rues avoisinantes.

Quant à la multiplicité des voies qui semble préoccuper M. de Nordling, je me permettrai de lui faire observer qu'elle est due précisément à l'état d'impasse d'une gare terminus trop chargée ; et je puis dire à cette occasion que ce n'est pas un des moindres avantages de mon projet aux yeux des Ingénieurs de l'Ouest, que le dégagement qui résulterait de la transformation de la gare Saint-Lazare en gare de passage pour une partie notable de son trafic.

On conçoit, en effet, que, si de nombreuses voies sont nécessaires pour garer, former et déformer un grand nombre de trains, ainsi que cela se pratique actuellement, il n'en est pas de même quand ces trains ne font que traverser la gare. Le reste est une simple question d'ai-

guillage et de liaison de voies, qui n'a rien à faire avec cette inquiétante reproduction à l'envers, par-dessus la place du Havre, de l'éventail des voies de la gare Saint-Lazare dont on vous parlait avec une bien légitime appréhension.

Restent l'Ouest-Montparnasse, le Nord et l'Est. Je reconnais qu'ici le raccordement rail à rail est impossible, et que je suis obligé d'aller chercher la liaison un peu plus loin. Le raccordement en raquette des voies du Nord, qui a tant séduit M. de Nordling, trouve là son application, faute de mieux. Mais, parce que la situation particulière de trois gares sur sept en empêche la soudure directe par prolongement des voies, faut-il donc repousser cette solution pour les quatre autres, c'est-à-dire les deux gares de banlieue les plus importantes, Saint-Lazare et Vincennes, et les deux gares les plus éloignées du centre, Lyon et Orléans, qui peuvent y trouver les éléments d'un développement considérable de trafic ? C'est en somme au détriment du public que s'exercerait cette doctrine égalitaire que je trouve, quant à moi, singulièrement tyrannique, et dont les effets se feront sentir tout d'abord sur le Métropolitain, que la nécessité des transbordements privera en grande partie de la clientèle de la banlieue, des grandes lignes et de la Ceinture.

Puisqu'on cite toujours l'exemple des Métropolitains de Londres, on ne devrait pas oublier que le défaut de raccordements commodes avec les grandes lignes, les a obligés à se créer eux-mêmes des débouchés spéciaux dans la banlieue, parce qu'ils ne pouvaient pas profiter directement de la masse énorme des affluents existants.

D'autres avantages de la solution aérienne, dont M. de Nordling fait bon marché, sont les conditions d'exploitation favorables dues à un profil où les déclivités ne dépassent pas 0,010, et où le rayon des courbes ne s'abaisse au-dessous de 250 mètres que pour une section tout à fait secondaire, sur laquelle un rayon de 200 mètres a été provisoirement admis.

Je sais bien qu'il y a des chemins de fer de montagne où l'on a dû se résigner à des rayons inférieurs et à des déclivités de 0,025 et plus. Mais ces conditions sont-elles sérieusement applicables à un réseau Métropolitain, avec l'aggravation du souterrain, et dans l'attente d'une circulation aussi intense que celle que l'on doit prévoir ?

La ligne circulaire à Londres ne comporte qu'une seule rampe supérieure à 0,014 et qu'une seule courbe inférieure à 200 *m* de rayon. Quelques raccordements présentent de plus mauvaises conditions ; mais ils sont toujours parcourus à petite vitesse.

N'est-il pas regrettable d'autre part que le matériel de banlieue à impériales, si cher au public parisien, soit nécessairement exclu du Métropolitain souterrain, dont la traction exigera, en outre, des moteurs spéciaux, exceptionnels, comme vous le disait l'autre jour M. Deligny ? Ne peut-on pas se demander enfin, si en raison de toutes ces

conditions particulières, le jonctionnement des gares ne sera pas purement fictif, si le *trafic d'apport* des Compagnies ne sera pas illusoire, au moins pour la plupart d'entre elles ?

Un dernier, un immense avantage du Métropolitain aérien, c'est enfin l'opération de voirie qui s'y lie étroitement, sans laquelle l'œuvre est bâtarde et incomplète. Ici je suis fort à l'aise. Car, parmi les adversaires du système que j'ai proposé, aucun, à vrai dire, ne l'a condamné pour d'autre raison avouée que celle de la dépense.

Dès 1884, M. Cernesson disait au Ministre des Travaux publics (compte rendu de M. Songeon annexé à la séance du Conseil municipal du 28 mars 1884).

« La Commission et le Conseil, en repoussant le système préconisé » par M Haag, n'ont eu en vue que l'économie à réaliser pour rendre » possible l'œuvre du Métropolitain. Il n'est pas douteux que si, avant » de faire les grands percements de Paris, vers 1860, on eût pensé à » relier les chemins de fer par de grands viaducs, on eût, du même » coup, fait une œuvre grandiose et utile, au point de vue de » l'hygiène et de la circulation. »

L'année dernière, MM. Léon Donnat, Lefebvre Roncier et d'autres encore ont tenu au Conseil municipal un langage à peu près indentique. Je ne citerai pas les discours de MM. Sauton et Després ; car ces messieurs n'étaient pas des adversaires, mais des partisans de mes idées. Je ne veux en retenir qu'une chose, c'est qu'il s'est trouvé au Conseil municipal des esprits auxquels le sens et la portée de mon projet n'avaient pas échappé, et qui en désiraient la réalisation, en raison même de cette opération de voirie dont le prix élevé a effrayé les autres. C'est qu'ils y voyaient un moyen bien plus efficace encore que le Métropolitain, pris comme simple instrument de circulation, de désencombrer les parties centrales de Paris ; ils y voyaient un admirable chantier à ouvrir aux corps d'état vraiment français du bâtiment, et un remède certain et immédiat pour la crise dont souffrent les affaires.

Si M. de Nordling avait bien voulu tenir compte de ces avantages que je viens d'énumérer rapidement, il aurait peut-être accueilli avec moins de facilité les objections qui lui ont fait écarter ma solution.

Ces objections, vous les connaissez déjà : c'est l'aspect du viaduc dans Paris, c'est surtout le prix des expropriations. M. de Nordling y ajoute encore un reproche particulier : l'éloignement de la traversée de la Seine.

Quant à l'aspect, M. de Nordling s'y est peu arrêté. Il aurait même pu s'en dispenser tout à fait, puisqu'il a terminé sa communication en vous proposant un viaduc destiné à faire le pendant de la colonnade du Louvre, et un pont courbe sur la Seine combiné pour masquer les plus belles perspectives de Paris.

Je suis donc en droit de dire que je me suis soucié beaucoup plus que lui des critiques auxquelles le système aérien pouvait donner prise

au point de vue artistique. Sur la réclamation de la Société des Amis des monuments parisiens, j'ai, l'année dernière, dévié mon tracé de manière à éviter les moindres vestiges archéologiques qu'elle a signalés. D'autre part, mes collaborateurs pour la partie artistique, MM. Vaurabourg, Monduit, et le regretté M. Bénard, architectes de grand talent, m'ont fourni des études grâce auxquelles il est permis d'affirmer que le problème du viaduc et des ponts sur rues pouvait inspirer à notre jeune école d'architecture des solutions variées de l'effet le plus satisfaisant. C'est d'ailleurs ce qu'avait reconnu, sans parti pris, l'éminent constructeur de l'Opéra, M. Garnier, dans le rapport qu'il adressa en mai 1886 au Ministre des Travaux publics.

A cette question de l'aspect se lie très directement celle de la traversée de la Seine, à laquelle M. de Nordling attache, avec raison, une grande importance. Je ferai remarquer toutefois que, partisan comme lui des transversales centrales, je fais pourtant une différence capitale entre la transversale ouest-est et la transversale nord-sud.

La transversale ouest-est, ou plus exactement nord-ouest-sud-est, se trouve réalisée par l'artère centrale de mon projet, et j'espère que personne n'accusera cette ligne de passer trop loin du centre, puisqu'on trouve l'Opéra, la Bourse, les Postes, les Halles, l'Hôtel de Ville, la Bastille échelonnés sur son parcours. Cette transversale relie au centre de Paris toutes les banlieues d'aval et celles d'amont; elle jonctionne à elle seule toutes les grandes gares.

La transversale nord-sud, et c'est l'avis de tous ceux qui se sont occupés de la question, offre un intérêt moins capital. Aussi m'a-t-il semblé raisonnable de l'infléchir légèrement de manière à l'associer dans son parcours central, c'est-à-dire pour les kilomètres les plus chers, à la première transversale. C'est ainsi qu'au lieu d'écarter les branches de l'X formé par les deux transversales, j'en suis venu à les souder sur une certaine longueur (3 kilomètres et demi), et c'est une des raisons qui m'ont conduit à rejeter la traversée de la Seine un peu en dehors du centre, en un point qui d'ailleurs présente des conditions exceptionnellement favorables.

La ligne droite passerait au milieu de la Cité. Mais, quoique défenseur convaincu du viaduc, je considérerais une solution semblable comme inacceptable pour des raisons esthétiques de premier ordre.

En se détournant légèrement vers l'aval, sans quitter la Cité, on obtient la solution de M. de Nordling, qui m'avait déjà été proposée l'an dernier par M. Albert Drouard, ingénieur des Arts et Manufactures. Cette solution donne une traversée de la Seine très centrale, mais aussi fâcheuse que la précédente au point de vue artistique.

En se détournant vers l'amont, on obtient la solution de MM. Deligny et Vauthier, le passage de la Seine sur un pont incliné, derrière le chevet de Notre-Dame. Voici comment, dans le journal *la Construc-*

tion moderne, M. P. Planat appréciait ce tracé, dont il revendiquait la paternité, tout en le critiquant avec franchise :

« Mon opinion, c'est que cette solution n'est qu'un pis-aller, dont » le moindre tort est de dénaturer complètement l'admirable perspec- » tive que présente le chevet de Notre-Dame. Je crois que le public » se répandrait en imprécations contre les iconoclastes qui porteraient » la main sur cet admirable panorama de la Cité (1). »

Reste la solution souterraine que je ne veux pas discuter ici. Je dois seulement dire qu'entre les Halles et Cluny, elle ne présente sur mon tracé qu'une économie de longueur d'à peine 1 500 mètres, abrégeant la durée du parcours de 3 minutes au plus, en admettant, ce qui vous semblera peut-être contestable, que les trains puissent circuler sur les déclivités et sur les courbes souterraines à la même vitesse que sur un bon profil à l'air libre.

J'arrive enfin à l'objection de la dépense, toujours la même, celle contre laquelle je lutte dès l'origine. Je dois être toutefois reconnaissant à M. de Nordling de m'avoir épargné, de ne pas avoir exhumé contre moi ce fameux chiffre de 100 à 200 millions par kilomètre que mes adversaires avaient mis en avant au début de la campagne, chiffre qui s'est ensuite réduit à 40 ou 45 millions, mais qui, multiplié par la longueur kilométrique de mon réseau, donnait encore un total bien supérieur à un milliard.

Le procédé était bien simple : on négligeait de déduire les rues traversées de la surface à exproprier, et on comptait tous les kilomètres au même prix que les kilomètres du centre, comme si l'opération de voirie à laquelle j'attache une si haute importance dans le cœur de Paris, devait s'étendre à des lignes excentriques telles que celle de la rive gauche, pour laquelle je profite tout naturellement du boulevard extérieur, en l'installant sur son promenoir central.

Je crains que M. de Nordling, entraîné par son ardeur critique, n'ait oublié de tenir compte de ces considérations, qui devaient d'ailleurs lui échapper, faute d'une connaissance suffisante de mon projet, d'une part, et des expropriations urbaines, d'autre part.

L'évaluation des expropriations est incontestablement la partie la plus délicate d'une pareille œuvre, et, quant à moi, n'ayant eu que des moyens d'action nécessairement restreints, il m'a fallu plusieurs années pour arriver à des données certaines. C'est pourquoi M. de Nordling a pu trouver des écarts assez sensibles entre mes premiers chiffres, et ceux que je donne aujourd'hui, écarts que je vais essayer de lui expliquer.

En 1882, me basant uniquement sur des comparaisons avec les derniers percements, l'avenue de l'Opéra, en particulier, dont les résultats donnaient un chiffre inférieur à celui de 1,500 francs par mètre, j'avais cru pouvoir évaluer mon artère centrale, qui empruntait alors la rue du

(1) *La Construction moderne* du 6 mars 1886.

Faubourg-Montmartre et la rue Montmartre, à 40 millions par kilomètre, dont 35 pour les expropriations et 5 pour les travaux, soit pour 5 kilomètres et demi, entre la gare Saint-Lazare et la gare de Lyon, un tota de 220 millions. Le surplus de mon réseau, comprenant un raccordement au Nord et une petite ceinture intérieure, était évalué à 50 millions pour 12 kilomètres, soit en tout 270 millions pour 17 kilomètres et demi.

En 1884, sur les conseils, et avec la collaboration de M. de Royou, architecte, agent voyer en chef de la ville de Paris, que nous avons eu le regret de perdre il y a deux mois, je modifiai la direction de mon tracé, afin d'éviter la rue Montmartre, et je m'arrêtai définitivement à l'idée d'une percée nouvelle sur tout le parcours de l'artère centrale, depuis la gare Saint-Lazare jusqu'à la gare de Lyon.

L'exécution du projet comprenait un viaduc à quatre voies, de douze mètres à sa base, avec deux rues latérales de quinze mètres. M. de Royou a expliqué lui-même dans une lettre adressée au président de la Société des Ingénieurs Civils, et insérée, je crois, dans votre Bulletin de 1884, le système qu'il avait adopté pour l'évaluation des acquisitions de terrains. Ce système, le seul qu'il pût appliquer alors, faute d'avoir la surface exacte et le revenu des immeubles atteints, consistait à élargir la percée d'une zone de 15 mètres de chaque côté, soit 30 mètres, en plus des 42 mètres utiles, à calculer ensuite par la *valeur intrinsèque* le chiffre de l'indemnité foncière, et à augmenter ce chiffre d'un quantum de 25 à 80 pour cent pour l'indemnité locative. Je puis ajouter, avec M. de Royou lui-même, que ce système aboutissait à une évaluation très large, trop large, que dès cette époque nous traitions de pessimiste. En effet, la dépense de mon projet, y compris, bien entendu, l'opération de voirie, se trouvait dès lors portée à 540 millions, pour 17 kilomètres et demi, dont 5 kilomètres et demi à quadruple voie ; les expropriations entraient dans ce total pour 493 millions.

Ici se place une observation. M. de Nordling a cru devoir me reprocher d'avoir omis la longueur de mon réseau dans ma communication de 1884, longueur qu'il a fixée lui-même arbitrairement à 7 kilomètres pour en déduire un prix kilométrique moyen de 77 millions. N'ayant ni entendu, ni lu, sans doute, mes communications précédentes, il ignorait que, dans la séance du 16 mars 1883, j'avais déjà donné cette longueur, comprenant, je le rappelle, outre l'artère centrale, ses raccordements, et une ligne de petite ceinture, qui desservait la rive gauche et les boulevards extérieurs du Nord-Ouest. Le tout formait un réseau de 17 kilomètres et demi, d'un prix moyen de 37 millions par kilomètre, assez élevé pour qu'il soit inutile de le doubler.

Revenons à ce chiffre de 493 millions d'acquisitions de terrains, qui était bien fait pour m'effrayer moi-même. Je dois faire remarquer qu'au même moment et par le même système, aux termes de la lettre

que je vous citais tout à l'heure, M. de Royou évaluait l'achèvement de la rue Réaumur à 73 500 000 fr., tandis qu'en mai 1886, M. Mesureur fixait la dépense de cette opération, devant la Commission du Conseil municipal, à 27 409 000 fr., et que le projet parlementaire la porte de son côté à 34 millions.

Vous voyez, Messieurs, que les écarts qui vous ont été signalés dans mes évaluations successives, — et qui correspondent aux différents états d'avancement de mes études, — ne sont encore rien à côté de ceux que j'aurais obtenus si j'avais accepté les bases quasi officielles sur lesquelles s'établissent les opérations de voirie proposées par le Conseil municipal. Le système de M. Mesureur, appliqué à mon projet, aurait réduit la dépense des expropriations de 493 à 185 millions !

M. de Royou se plaçait évidemment à un point de vue trop élevé pour la rue Réaumur comme pour mon projet ; il le reconnaissait d'ailleurs lui-même. Mais, à cette époque, les documents que nous possédions ne permettaient pas de serrer de plus près la vérité. Grâce aux nouveaux plans parcellaires que M. Alphand a bien voulu nous permettre de faire dresser par les géomètres de la Ville, nous avons pu, depuis cette époque, reconnaître les propriétés atteintes immeuble par immeuble, et substituer au système imparfait de l'évaluation par la *valeur intrinsèque* celui beaucoup plus rationnel de l'évaluation par le *revenu*, qui se trouve consacré par la pratique des placements immobiliers, et le seul qui soit plaidé devant les jurys d'expropriation.

La connaissance des plans parcellaires me permettait en même temps, par de légères déviations de tracé, d'obtenir d'importantes réductions dans les surfaces d'emprise, d'étudier en détail le régime de l'opération de voirie, et de fixer, suivant les besoins de la circulation, la largeur des rues latérales au viaduc, que je remplaçais par des passages couverts sur des sections où elles ne paraissaient pas utiles.

Le réseau dont j'ai déposé l'avant-projet au Ministère en décembre 1885 comprenait 30 kilomètres 075, dont 5 kilomètres 635 à quadruple voie pour l'artère centrale, et 24 kilomètres 440 à deux voies pour les raccordements et pour la ligne de la Rive gauche et de l'Exposition, que je soudais définitivement à la Ceinture près de la Porte-Maillot, abandonnant les boulevards extérieurs du Nord-Ouest bien desservis déjà par les tramways.

Dans le dossier de cet avant-projet, j'avais dû, à un point de vue théorique, isoler la percée réglementaire, indispensable au passage du viaduc, de l'opération de voirie, afin de fixer dans l'ensemble de l'œuvre la part de dépense afférente au chemin de fer proprement dit. Je signalais cependant, dans mon mémoire, cette opération de voirie comme le corollaire nécessaire de l'entreprise, et je faisais ressortir combien l'association de ces deux conceptions en rendait l'exécution avantageuse,

J'indiquais en même temps le chiffre de la dépense qui, selon mes prévisions, devait s'élever à :

260 000 000	pour les expropriations,
100 000 000	pour les travaux,
360 000 000	soit 12 millions par kilomètre, pour le chemin de fer seul.
90 000 000	supplément de dépense pour l'établissement de rues et passages latéraux au viaduc central.
450 000 000	Total général, soit : 15 millions par kilomètre pour les deux opérations combinées.

J'avais donc économisé sur mes premières prévisions une somme de 90 millions, tout en augmentant mon réseau de plusieurs kilomètres complétant le système de mes raccordements. Je vous ai expliqué les raisons de cette économie.

Les modifications qu'a subies mon projet depuis son dépôt au Ministère, sont moins importantes. Ce sont des variantes qui m'ont été demandées l'année dernière par le ministère même, ou que j'ai dû étudier pour satisfaire aux réclamations passionnées des archéologues. Mais elles ne touchent en rien au principe ni au fond de mon projet. Toutefois, quand, en juin 1886, j'ai été appelé pour la seconde fois à déposer devant la Commission parlementaire des chemins de fer, j'ai dû, pour me conformer à la combinaison adoptée par le Gouvernement, supprimer de mon tracé les raccordements que les Compagnies avaient pris à leur charge, et remplacer le viaduc à 4 voies par un viaduc à 2 voies sur la portion de l'artère centrale comprise entre la gare Saint-Lazare et le carrefour Drouot, d'une longueur de 1 500 mètres. Ces suppressions ont diminué mon réseau de 11 kilomètres et mes évaluations de 42 millions. C'est ainsi que je suis arrivé au chiffre de dépenses que citait M. de Nordling de 362 millions pour l'artère centrale et ses raccordements, et 46 millions pour la ligne de la rive gauche, soit en tout 408 millions pour 19 kilomètres, dont 3 1/2, et les plus importants, à quadruple voie (1).

En dehors de ce réseau, qui comporte, d'une part, la jonction la plus directe des grandes lignes et de la Ceinture au centre de Paris, et, d'autre part, la constitution d'une nouvelle Ceinture intérieure très utile au point de vue urbain, en dehors, dis-je, de ce réseau d'intérêt vraiment général, les autres lignes que l'on peut projeter me semblent répondre à des intérêts locaux, de quartier; et leur exécution com-

(1) Artère centrale et ses raccordements. . . . . kilom. 9,815
dont à quadruple voie. 3,544
Ligne de la Rive gauche et de la Ceinture 9,000
Soit en double voie. . . . . kilom. 22,359

porte des solutions économiques en rapport avec les services qu'elles sont appelées à rendre. Je ne vois pas une absolue nécessité à ce qu'elles soient reliées à l'artère centrale, et je concevrais fort bien qu'elles constituassent un réseau municipal indépendant, autonome. J'ai déjà d'ailleurs établi cette distinction dans ma communication écrite du 17 juillet 1886.

Le chiffre de 362 millions pour l'artère centrale et ses ramifications se décompose en:

322 millions pour les acquisitions de terrains sur une surface de 135 000 mètres ;

40 millions pour la construction du viaduc et des ponts, la superstructure, etc.

Cette dépense est très considérable sans doute. Mais il faut observer, qu'outre l'établissement d'un instrument de transport de premier ordre, elle assure la réalisation d'une opération de voirie qui porte sur une longueur de 5 900 mètres, et, en déduisant les rues traversées, sur une surface de viabilité nouvelle de plus de 86,000 mètres, dont le prix, calculé d'après la moyenne de mes évaluations, serait pour la Ville de 205 millions. Or, l'utilité de cette opération de voirie, qui supplée en particulier, par l'établissement d'une double rue de 20 mètres de largeur entre le boulevard et les Halles, à l'élargissement de la rue Montmartre, si souvent et si justement réclamé, ne saurait être contestée par personne.

Quel est d'ailleurs le Métropolitain qui peut se vanter de n'avoir pas des kilomètres chers? Le souvenir de la dernière section des Métropolitains de Londres, dont les travaux ont occasionné une dépense de 55 millions pour 1 140 mètres, n'est-il pas présent à votre mémoire? Et que coûtera la section du projet souterrain pour Paris qui passera sous la rue Réaumur? Que coûtera la traversée de la Seine en tunnel?

Pour terminer l'étude de la question si délicate des expropriations, il me reste à justifier la moyenne de mes prévisions, qui est de 1 985 francs par mètre superficiel pour le prix d'acquisition proprement dit, et qui s'élève à 2 385 francs si l'on augmente le prix de revient du mètre utile de la perte qu'on suppose pour les reventes. Cette justification sera courte.

Mon tracé traverse les quartiers suivants : Chaussée-d'Antin, Faubourg-Montmartre, Rochechouart, Saint-Vincent-de-Paul, le Mail, les Halles, Saint-Avoye, Saint-Merri, Saint-Gervais, l'Arsenal, les Quinze-Vingts.

Dans ces différents quartiers, où la valeur du sol et des constructions est extrêmement variable, chaque immeuble a été estimé isolément d'après la méthode que je vous ai décrite tout à l'heure, et qui nous a donné une échelle de prix s'élevant de 500 à 6 000 francs par mètre. Les prix moyens d'acquisition par quartier varient de 685 francs par mètre superficiel dans le quartier de l'Arsenal et 933 francs dans le

quartier Saint-Merri, à 2 954 francs dans le quartier du Mail et 3 288 francs aux Halles ; les reventes de 350 à 1 200 ; enfin, les prix moyens pour la surface utile, de 711 à 3 688 francs. L'indemnité locative a fait l'objet des recherches les plus consciencieuses, et je ne crains pas d'affirmer que la proportion moyenne de nos évaluations — 56 1/2 0/0 de l'indemnité foncière — défie tout aléa.

Comme, en pareille matière, les comparaisons sont des plus concluantes, mon collaborateur M. Bellem nous avait dressé un tableau synoptique des résultats d'expropriation dans le centre de Paris, de 1876 à 1884 inclusivement, comprenant l'ouverture de l'avenue de l'Opéra, de la rue des Pyramides, de la rue Etienne-Marcel, l'agrandissement de la Bibliothèque Nationale, etc. Ce tableau fournissait une moyenne générale de 1 562 fr. 64 par mètre.

Nous y ajouterons bientôt l'opération de la Bourse du Commerce et de la rue du Louvre, dont les résultats sont, pour nous du moins, tout à fait satisfaisants. En effet, pour les 1re et 2e sections de cette opération si difficile, qui a donné lieu à tant de récriminations contre le jury, la moyenne n'atteint pas 2 800 francs par mètre, alors que dans le même quartier des Halles, j'ai admis un prix d'expropriation de 3 288 francs par mètre. Encore faut-il tenir compte de ce fait que, les expropriations de la rue du Louvre étant depuis longtemps arrêtées, les intéressés ont eu tout le temps de se préparer à la visite du jury.

J'espère Messieurs, que vous voudrez bien admettre, non seulement la sincérité, mais la largeur de mes prévisions.

C'est donc un capital de 408 millions que j'ai à rémunérer. Ici, Messieurs, je réclame l'avantage sur mes adversaires, et je ne crois pas qu'on me le conteste, car mon réseau est à l'air libre, au centre de Paris ; les voyageurs de ceinture et de banlieue peuvent circuler sur mes rails sans transbordement ; les quatre voies de mon artère centrale se prêtent à tous les développements de service ; enfin, j'ai sous mon viaduc des boutiques dont la location fournit déjà un rendement kilométrique supérieur à celui de bien des lignes à grand trafic. Ma ligne de la rive gauche — qui forme avec la Ceinture qu'elle rejoint à la Porte-Maillot, les lignes de l'Ouest-Saint-Lazare et l'artère centrale, un *Inner-Circle* analogue à celui de Londres, pénétrant profondément dans les quartiers centraux au lieu de les contourner — me donne une exploitation par circuit des plus avantageuses, exploitation pour laquelle le matériel courant des grandes Compagnies est absolument suffisant quant à présent, ce qui, grâce à la combinaison du péage (que je revendique en passant), me garantit contre des frais supérieurs à 33 0/0.

Ce sont là des avantages qui se traduisent par des recettes que j'ai trop souvent chiffrées pour y revenir, et qu'il serait équitable de mettre en regard de la dépense de mon projet, pour bien le juger.

Car, je vous le demande, Messieurs, le chemin de fer le moins cher n'est-il pas, à tout prendre, celui qui *fait ses frais* ? Et le Métropolitain qui n'offrira pas les avantages que je vous ai signalés, est-il bien assuré de faire les siens ?

Excusez, Messieurs, cette trop longue parenthèse que j'ai dû ouvrir dans votre discussion pour répondre à M. de Nordling. J'aurais préféré, je vous le répète, ne pas intervenir ; car la situation qui m'est faite est un peu délicate. Je remercierai néanmoins M. de Nordling de m'avoir mis sur la sellette, s'il veut bien, dépouillant tout parti pris, se livrer à un examen plus approfondi de ma solution et de mes travaux, inspirés uniquement, comme il pourra s'en convaincre, par l'ardent désir de concourir à une œuvre où l'intérêt public se trouve si sérieusement engagé.

M. DE NORDLING. — M. Haag nous a dit que son projet entier ne coûte que 408 millions, et que l'artère centrale, à quatre voies, avait 5 635 mètres de longueur ; mais M. Haag ne nous a pas dit quelle était la part de dépense totale afférente à cette artère centrale. Y a-t-il un inconvénient à donner ce chiffre ?

M. HAAG. — Je l'ai donné. Il est de 362 millions pour le réseau central, comprenant la ligne centrale à quatre voies et les ramifications allant sur les gares Saint-Lazare, du Nord et de l'Est, d'une part, et les gares de Vincennes, d'Orléans et de Lyon, d'autre part. Ce réseau est évalué, je le répète, à 362 millions, se décomposant en 322 millions pour acquisitions de terrains, et 40 millions pour la construction du viaduc.

M. DE NORDLING. — Quelle est la longueur des ramifications ?

M. HAAG. — L'artère centrale à quatre voies a 3 kilomètres 1/2, et les ramifications représentent une longueur de 7 kilomètres en nombre rond.

M. DE NORDLING. — Eh bien ! c'est le chiffre que j'ai donné.

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. Jules Garnier.

M. Jules GARNIER fait remarquer que jusqu'ici on est en présence de trois solutions.

La première est la solution souterraine que les pouvoirs publics sont, dit-on, sur le point de voter. Cette solution est celle qui a été le plus combattue dans cette enceinte.

Toutefois, dans la dernière séance, nous avons entendu un ingénieur bien connu par ses travaux, M. de Nordling, se montrer fort indulgent pour ce projet. Néanmoins, il a reconnu que, en ce qui concerne la traversée de la Seine et les raccordements des parties aériennes avec les tranchées ou les parties souterraines, il y aurait de grandes dif-

ficultés. Ce sont là, en effet, deux points qui militent contre le projet qui est sur le point d'être adopté. Mais, en dehors de cela, il est de toute évidence que ce projet ne répond ni aux aspirations de la population parisienne, ni à ses commodités.

La deuxième solution est celle de M. Haag. Je dois le dire en toute franchise, elle ne me donne pas non plus toute satisfaction ; et quoi qu'en dise M. Haag, il est incontestable que, dans une ville comme Paris, où le terrain est cher, où il sera obligé de renverser une foule de monuments dont les propriétaires demanderont des sommes énormes, où il faudra tout reconstruire après avoir tout détruit, le projet de M. Haag représente une grande quantité de millions. Je sais bien que les Anglais ont dépensé plus de 500 millions pour leur souterrain, mais les finances des Anglais sont tout autres que les nôtres.

Une troisième solution a été présentée, je m'y suis rallié pendant un certain temps, je ne renie pas mes Dieux, mais je ne veux pas remonter le courant. Cette solution était la plus naturelle, elle employait les grandes artères de la ville de Paris, qui ne coûtaient rien, et on plaçait dans le centre un viaduc utilisant cet espace considérable sans gêne pour la circulation. Eh bien, malgré les avantages évidents de cette solution : économie de tracé, dépense que l'on peut chiffrer à un centime près, temps d'exécution rapide, satisfaction immédiate donnée à la population parisienne, et, pendant ce temps-là, au lieu de discuter, comme nous le faisons, de ne pouvoir pas circuler, de ne pas trouver de place dans les omnibus, on aurait le loisir de trouver ce Métropolitain idéal que nous cherchons tous ; mais l'ingénieur aujourd'hui est considéré malheureusement comme un grand ouvrier, si vous voulez, mais comme un ouvrier, et les hommes de l'art, ceux qui croient en avoir le privilège, ne peuvent pas admettre que le fer prenne sa place, notre siècle n'est pas encore le siècle de la construction en fer; à l'heure qu'il est, l'architecture de fer ne s'est pas imposée. Dès l'instant qu'on a fait tant de critiques à la tour de M. Eiffel, qui n'est qu'une pointe dans l'espace, à plus forte raison critiquera-t-on un viaduc métallique qui aurait serpenté dans les rues de Paris ; j'ai compris mon époque et je me suis retiré de la lutte. Toutefois, je n'ai pas cessé de réfléchir à la question, car elle est importante, et dans une lettre que j'ai eu l'honneur d'écrire à la Société et qui est insérée dans les archives, dans la séance du 6 novembre 1885, je faisais part d'un projet sur lequel je me permets de revenir parce que je crois qu'il donne une certaine satisfaction aux desiderata du public.

Ce projet ne comporte pas de souterrain, sauf quelques courts tunnels ; il ne comporte pas la construction de canalisations nouvelles d'égouts, de voies, etc., ainsi que le projet de M. Haag, et, de plus, il abandonne les grandes artères. En d'autres termes, c'est un projet

qui semblerait ne pas avoir les défauts des trois types de projets qui ont été proposés jusqu'à présent. Voici en quoi il consiste :

Si vous jetez les yeux sur une carte de Paris, vous vous apercevez que Paris est composé d'une série d'îlots séparés par des ruelles, des rues, des boulevards, des places; ces îlots ont, dans beaucoup de cas, une surface considérable. Ainsi, par exemple, entre la gare de Lyon et la place de la République, en se tenant sur le côté gauche du boulevard allant vers la Bastille, vous avez là d'immenses parages occupés par des ateliers, où il serait facile de faire passer un chemin de fer urbain, sans que personne s'en aperçût. Dans ce projet, on pourrait employer un viaduc de 8 mètres de largeur, pour deux voies. Ce viaduc franchirait donc la façade des maisons par lesquelles se termine l'îlot, pénétrerait dans les cours intérieures et jardins, retraverserait la façade suivante, franchirait par un pont la rue qu'il rencontrerait, pénétrerait dans une nouvelle façade,... et ainsi de suite. En y réfléchissant, la dépense de ce projet, difficile à chiffrer sans une étude approfondie, mais par simple comparaison avec le projet de M. Haag, ferait une économie considérable, parce que vous supprimerez du premier coup les canalisations, les rues à faire, les égouts, les maisons à reconstruire, etc.

Les expropriations de terrains ne seraient pas coûteuses : au travers des rues et places publiques, rien à payer; dans les cours et jardins intérieurs, les prix seraient relativement bas; c'est seulement dans la traversée des immeubles que le prix serait important; il y aurait là huit mètres de largeur à payer pour le passage du viaduc.

Ce viaduc, dont la plate-forme aurait 8 mètres de largeur, franchirait les façades de maisons en laissant entre elles et lui un espace de quelques centimètres pour diminuer les trépidations. Quand le viaduc passerait au niveau minimum de 5 mètres au-dessus des rues, si nous y ajoutons 3 mètres de hauteur pour les véhicules, ce qui fait 8 mètres, il resterait encore 4 ou 5 mètres à utiliser pour les habitations, et vous auriez une sorte de petit tunnel dans l'intérieur des maisons. Lorsque, au contraire, vous passeriez à un niveau un peu plus élevé, vous feriez deux murs qui s'élèveraient verticalement et isoleraient les locataires des maisons voisines; aucune fenêtre ne serait permise, à moins d'être grillagée, et, en réalité, vous n'auriez qu'une dépense relativement peu importante.

Quant à la question des locations, dont M. Haag fait grand cas, là, vous auriez sous le viaduc, dans l'intérieur des cours et des jardins, des habitations que vous pourriez installer pour écuries, remises, magasins, ateliers, etc., plus faciles à louer, relativement, que des magasins en façade. Il y aurait un avantage particulier à ce projet, c'est que les stations seraient placées dans les maisons à exproprier et qu'elles pourraient être beaucoup plus fréquentes que dans les projets actuels, qui prévoient des stations tous les 600 mètres en moyenne;

cette distance me paraît trop considérable dans un chemin de fer urbain ; elle va contre le but qu'on se propose.

Et, pour venir à l'appui de la thèse que je soutiens, je citerai un fait très frappant, qui s'est passé dans une ville de France : A Saint-Étienne, on a installé depuis quelques années tout un réseau de tramways à vapeur ; la ligne principale parcourt, en ligne droite, une rue de 6 kilomètres de longueur environ ; pour deux sous, on peut parcourir toute la distance. Aussitôt que le tramway a été installé, tous les omnibus ont cessé leur service, attendu qu'ils prenaient six sous pour faire le parcours total. Néanmoins, dans ces derniers temps, les voituriers du pays ont organisé des omnibus à dix centimes, et, grâce à leurs arrêts faciles, ils enlevaient la plupart des voyageurs, faisant une concurrence des plus sérieuses au tramway à vapeur, parce que, quand l'omnibus passe, vous l'arrêtez d'un signe, vous montez et vous continuez votre route, tandis qu'avec le tramway, il faut se rendre à la station. La Compagnie des tramways n'a pu combattre cette ruineuse concurrence qu'en augmentant le nombre de ses stations ; il y en a aujourd'hui une, en moyenne, par 280 mètres, et cela à la grande commodité du voyageur ; toutes choses étant calculées pour que ces voitures puissent prendre rapidement leur vitesse ou s'arrêter promptement.

J'ai déduit de ce fait qu'à Paris on devrait avoir des stations beaucoup plus rapprochées que celles qui sont prévues dans le projet. Si on adoptait la solution dont je parlais tout à l'heure, rien ne serait plus facile que d'avoir des stations rapprochées, puisqu'on aurait des séries de maisons qu'on traverserait, et, dans chacune d'elles, on pourrait faire une station pour les voyageurs.

Mais, ce rapprochement des stations, qui me paraît indispensable, comporterait un matériel spécial, tout en conservant la voie comme elle est indiquée, c'est-à-dire, pouvant donner passage au matériel des grandes lignes. Je serais d'avis, en effet, d'avoir un matériel léger, et passant d'une manière aussi fréquente que possible ; pour cela, on serait obligé d'adopter des voitures marchant une à une ou deux à deux, prenant leur force sur un câble électrique suivant la voie, pour se lancer et s'arrêter facilement.

En résumé, Messieurs, le moment est grave ; il est certain que les pouvoirs publics vont être appelés bientôt à voter sur une question qui, non seulement engage les contribuables sur des capitaux énormes, mais encore peut porter sur un projet qui ne tend pas à relever l'économie industrielle et commerciale de notre ville et peut même compromettre, jusqu'à un certain point, l'honneur de nos Ingénieurs ; car, si nous aboutissions à un échec, ce ne serait pas très flatteur pour notre corporation.

C'est pour toutes ces raisons que je me suis permis d'apporter ici mes idées. Elles peuvent être critiquées. Je le souhaite même : mon

ambition n'est pas de donner le meilleur projet, mais d'apporter de nouveaux points de vue ; toutes les discussions que cette question capitale soulève entre des Ingénieurs aussi expérimentés me donnent raison et me prouvent qu'il n'y a aucun projet qui donne la satisfaction complète qu'on doit désirer dans une grande ville comme Paris.

M. Auguste Moreau a écouté avec beaucoup d'intérêt l'exposé de l'ingénieuse combinaison de M. Jules Garnier, mais il se demande comment elle serait applicable dans la ville de Paris. Chacun sait, en effet, que le décret du 18 juin 1872 exige derrière chaque édifice une cour libre de surface correspondant à sa hauteur : c'est, croyons-nous, 40 mètres carrés pour une hauteur de 20 mètres ; le maximum impedimenta toléré étant un châssis vitré à hauteur des combles.

Dans ces conditions, où M. Jules Garnier trouve-t-il la place nécessaire à l'installation de son viaduc ? et dans ce cas que reste-t-il de l'économie générale de son projet ?

M. Auguste Moreau dit ensuite qu'après tout ce qui vient d'être exposé sur la question du Chemin de fer Métropolitain de Paris, il paraît au premier abord assez difficile d'ajouter quelque chose. Et cependant, que de remarques encore à faire, quand on étudie de près le rapport de M. Pradon !

En jetant les yeux sur la carte, bien incomplète d'ailleurs, qui accompagne ce rapport, on est d'abord frappé, — et d'autres l'ont déjà remarqué, — de la tendance qu'accuse le projet ministériel, à multiplier les stations d'une façon exagérée. Pour ne citer qu'un exemple, sur la ligne circulaire, entre la place de l'Étoile et la gare du Nord, on compte 13 stations, dont l'espacement s'abaisse jusqu'à 300 et même 250 mètres.

Or, si l'on réfléchit qu'un train moyen comporte aisément une longueur de 100 mètres, et que, les jours d'affluence, on peut avoir jusqu'à 24 voitures comportant une longueur de près du double, on voit que, pour un peu, le fourgon de queue d'un train serait presque encore à la station de départ, que la locomotive toucherait déjà presque les premiers appareils de la station d'arrivée.

Évidemment, sur un réseau métropolitain il faut des stations plus rapprochées que sur une ligne ordinaire. Mais il ne faut pas non plus tomber dans l'exagération. Quelle vitesse peut-on espérer d'un train assujetti à *treize arrêts* sur un parcours de *cinq kilomètres* ?

Ce n'est plus un chemin de fer qu'on nous propose, c'est un tramway avec toutes ses lenteurs, et le désagrément du souterrain en plus.

Encore le véritable tramway conserve-t-il l'avantage de prendre et de laisser des voyageurs au niveau du sol, sur tous les points de son parcours, tandis qu'il faudra toujours, malgré leur rapprochement exagéré, aller chercher les stations, descendre des escaliers et s'enfouir dans des tunnels pour prendre le train.

Cette question du rapprochement des stations, qui peut sembler un détail, est pourtant très importante, parce qu'elle marque bien qu'on a fait fausse route. On s'est obstiné à vouloir faire jouer au Métropolitain le rôle de l'omnibus qu'il ne remplacera jamais et qu'il ne doit même pas chercher à remplacer, alors qu'on a affaire à un instrument tout différent, dont les véritables avantages sont la *vitesse* et la *puissance de transport*, mais qui ne doit s'appliquer, par cela même, qu'à des trajets relativement un peu longs ; qui doit, par cela même, se souder directement et commodément aux lignes de banlieue et à la Ceinture ; qui doit être exploitable par leur matériel ; qui doit recevoir sans transbordement leurs voyageurs.

Voilà pourtant ce qui a été établi par le Conseil des Ponts et Chaussées, reconnu par le Conseil d'État qui en a fait la base de son argumentation, répété par tous les ministres qui se sont succédé, et notamment par M. Baïhaut à la tribune.

Mais, après toutes ces déclarations, que subsiste-t-il de ces motifs qui seuls justifient l'intérêt général ? L'étiquette, comme l'a dit M. Boudenoot, mais l'étiquette seule.

Cependant, pour conserver à ce tramway souterrain une apparence d'intérêt général, et l'illusion d'un service de grand trafic, on y a prévu des gares d'embarquement pour les destinations les plus éloignées. Et ce ne sont plus ici des gares de passage comme celles qu'avait prévues M. Haag sur son artère centrale, et que nous retrouvions dans le projet de M. Baïhaut. Considérant, avec beaucoup de bons esprits, qu'il y aurait folie à installer au centre de Paris une gare terminus avec tous ses accessoires, ces ingénieurs distingués n'avaient songé qu'à faire transiter les trains de grande ligne sur l'artère centrale. Dans le projet actuel il n'en est pas ainsi. Toute simplicité a disparu, et les gares de grand trafic, par suite de l'enchevêtrement du réseau et de ses soudures défectueuses avec les grandes lignes, deviennent de véritables impasses, des terminus, des culs-de-sac.

Pour n'en citer qu'une, la gare centrale de l'Opéra est curieuse à étudier. On croit rêver, on croit lire un conte des *Mille et une Nuits* en voyant la description de tous les services à installer dans le sous-sol du boulevard Haussmann, machiné comme les dessous d'un théâtre. La gloire de M. Garnier, l'éminent architecte de l'Opéra, semble avoir éveillé la jalousie de l'auteur de ce projet qui nous remplit à la fois d'admiration pour les ressources de la science moderne, et d'inquiétude pour leur application.

On sait toutes les difficultés qu'on a dû vaincre pour établir les fondations de l'Opéra. On a rencontré là à la cote **29,40**, c'est-à-dire à **4,10** au-dessous du sol du boulevard Haussmann qui est à **33,50**, une nappe d'eau divisée en une infinité de bras différents et qui a constitué le plus grand embarras qu'on ait peut-être encore rencontré dans la fondation d'un monument parisien. Certaines personnes, en voyant

l'affluence et le débit régulier véritablement inattendu des eaux de ce sous-sol, pensaient avoir retrouvé là l'ancien ruisseau de Ménilmontant dont parlent les vieilles chroniques et que l'on voit sur les vieux plans de Paris. Cela paraît même assez vraisemblable, bien que M. Garnier ne le croie pas et ne voie là qu'une nappe d'eau souterraine ordinaire.

Quoi qu'il en soit, on sait que le monument de l'Opéra, pour être à l'abri des infiltrations, à dû être installé dans une double cuvette de maçonnerie de ciment dont les deux parois sont séparées par des piliers et des contreforts, de manière à laisser entre elles un espace libre dans lequel peuvent circuler et être épuisées aisément les eaux d'infiltration. C'est exactement la disposition d'un calorimètre dont les deux enveloppes sont séparées par de petits taquets en bois et des fils de soie. On peut réellement se demander avec inquiétude si l'on sera obligé d'en faire autant pour la gare de l'Opéra ? Voyez vous cette gare de 500 mètres de longueur plongée en entier dans un vaste calorimètre à double enveloppe en maçonnerie de meulières hourdées au mortier de ciment ! et recevant malgré cela néanmoins des infiltrations, comme cela est arrivé à l'Opéra !

Et le devis estimatif a-t-il songé à cela ? à moins qu'il ne soit sous-entendu que cela rentre encore dans les choses qui seront étudiées plus tard d'une façon plus détaillée !

De toute façon, c'est dans une pareille caverne, aussi difficilement asséchée, avec deux petites bouches d'aération placées à ses deux extrémités, sous les refuges déjà trop petits de l'Opéra et du Printemps, qu'on se propose d'installer, avec tous ses services, l'équivalent de la gare du Nord ou de l'Est ! C'est de là que doivent partir les grands express, les rapides, les trains de luxe s'en allant aux quatre coins de l'Europe ; c'est là qu'ils doivent aboutir, au milieu de la complication d'un service urbain surchargé, sur des voies établies avec des pentes exagérées et des rayons insuffisants, dans l'obscurité et l'insécurité d'un tunnel continu, avec tous les dangers de patinage que l'humidité d'un pareil sous-sol peut faire craindre !

Si l'on voulait serrer de près l'examen de ce projet, que ne trouverait-on encore à dire ? Prenons, par exemple, la traversée sous la Seine dont nous ne mettons pas en doute la possibilité, — car la science de l'Ingénieur est arrivée à résoudre les problèmes les plus ardus. — Mais au prix de quels efforts, de quelle dépense, et pour quel résultat ? C'est un curieux profil que nous fournit cette ligne, véritable casse-cou, où l'on est amené à prévoir une station à *16 mètres* de profondeur — chiffre avoué — dont l'accès présente sur la rive droite une rampe de 0,025 *m.* associée à une courbe d'un rayon de 200 mètres, et sur la rive gauche une courbe de 150 mètres de rayon coïncidant avec une déclivité de 0,022 1/2 *m.* Toutes ces conditions sont

mauvaises, quoi qu'en dise M. de Nordling : l'argument consistant à dire qu'on a fait encore pis ailleurs ne nous paraissant pas très convaincant.

On ne saurait songer un seul instant à exploiter une pareille ligne avec le matériel courant. Mais alors, il serait bon de le dire, et de ne pas laisser le public, et surtout le Parlement, croire qu'il se trouve encore en face d'un chemin de fer destiné à assurer le prolongement des trains ordinaires des Compagnies au centre de Paris. C'est bien d'ailleurs ce que M. Pradon signale dans son rapport (p. 165) en rappelant que la Commission des chemins de fer a interrogé à ce sujet les Compagnies et n'a pu en obtenir que des réponses évasives.

« Evidemment, dit le rapporteur, nous n'aurions pas eu à redouter » ce mutisme, s'il n'y avait incompatibilité plus ou moins complète » entre les conditions d'exploitation des grandes lignes et les condi- » tions d'établissement du Métropolitain d'après l'avant-projet. Tous » les doutes subsistent; bien plus, toutes les défiances sont ainsi jus- » tifiées. »

M. Pradon n'aurait pas eu à formuler cette grave insinuation, si le projet primitif de M. Baïhaut, base des conventions avec les Compagnies, n'avait pas été bouleversé de fond en comble par des additions et des suppressions qui ne semblent pas avoir pour mobile la recherche d'améliorations techniques.

Le projet d'avril 1886 contenait, en effet, dans son entier l'artère centrale de M. Haag, dont les avantages vous sont connus, et à laquelle le rapporteur de la commission a fréquemment rendu justice.

M. Haag paraissait tout à l'heure un peu ému des critiques en effet, très vives, formulées contre son projet par M. de Nordling, et il pourrait les prendre pour l'expression de l'opinion de la Société.

Nous pouvons lui affirmer qu'il n'en est rien, car ayant eu depuis quatre ans la primeur de ses communications, nous n'aurions pas attendu cette heure tardive pour lui présenter nos objections.

Ceci posé, on se rappelle en effet, que l'artère centrale se dirigeait sur arcades de la gare de l'Ouest Saint-Lazare à la gare de Lyon, avec ramifications vers les gares du Nord et de l'Est, d'une part, et raccordements rail à rail avec les lignes de Vincennes et d'Orléans, d'autre part.

Le problème de la jonction des grandes lignes par le centre de Paris (Opéra, Bourse, les Halles) était ainsi résolu de la façon la plus satisfaisante, et l'on n'entrevoit pas une solution qui puisse, même approximativement, se substituer à celle-là, en tenant compte des conditions d'exploitation commandées par un trafic de cette importance.

M. Baïhaut, bien que décidé à cette époque à faire triompher l'idée aérienne pour le réseau d'intérêt général (comme ses discours et ses déclarations en font foi), — mais désireux en même temps de se concilier la faveur du Conseil municipal de Paris par l'établissement simultané d'un réseau d'intérêt local très développé, ajouta à l'artère cen-

trale la ligne circulaire (la moins utile de toutes, car personne n'éprouve le besoin de se promener circulairement autour de Paris, mais bien de le traverser rapidement suivant un diamètre) et la ligne souterraine de la gare du Nord à la place Denfert-Rochereau, véritable ligne de montagne en tunnel. Cette dernière conception suffit malheureusement à rendre toutes leurs forces aux partisans du système souterrain, alors très découragés. Bien plus, l'artère centrale fut morcelée. La partie la plus importante, celle du carrefour Drouot à la Bastille, fut rejetée au second réseau, pour des raisons de procédure et de délais nécessaires qu'on n'aurait sans doute pas alléguées si l'on avait pu supposer que le projet, présenté en avril 1886, ne serait pas discuté en mai 1887. Quant aux autres sections de l'artère centrale, l'une formait la section Sud-Est de la ligne circulaire, reliant la ligne de Vincennes à celles de Lyon et d'Orléans. Une autre constituait cette fameuse boucle Ouest-Nord sur viaduc, qui a servi de point de mire aux partisans de la solution souterraine.

On sait le reste. L'artère centrale disparaissait fatalement avec celles de ses ramifications dont on avait fait le viaduc de l'Ouest au Nord.

M. Auguste Moreau explique que ce petit historique était nécessaire pour faire comprendre les paroles de M. Pradon : « Le projet Haag » (lisez l'artère centrale) est un tout qu'il faut accepter ou rejeter » en bloc. »

Supposons, en effet, qu'au lieu de sectionner cette artère centrale, la seule ligne de son projet primitif qui pût, à tous les points de vue, prétendre à la qualification d'intérêt général, le Ministère l'eût présentée d'un seul morceau : quelle valeur auraient pu avoir les arguments de quartier présentés contre elle au Conseil municipal? L'intérêt de tous les Parisiens, des habitants de la banlieue, des grandes Compagnies, de la Ceinture, engagé sur l'Artère centrale, aurait constitué une force sans doute assez imposante pour couper court à toute discussion de détail sur une ligne d'une importance aussi véritablement nationale.

Une autre faute de tactique, commise par le ministère dans son premier projet, paraît être d'avoir reculé devant l'opération de voirie qui s'imposait comme corollaire de l'Artère centrale. Etait-ce par crainte de l'expropriation, ou dans l'espoir d'échapper à l'obligation d'une entente avec la Ville, espoir promptement déçu? Il est certain, en tout cas, que la réduction de dépenses ainsi obtenue ne compensait pas les avantages auxquels on renonçait, et qu'on s'aliénait, en revanche, de nombreuses sympathies dans le conseil municipal et dans la population parisienne, que pouvait séduire l'idée juste et grandiose de vastes rues encadrant un viaduc monumental, mais à qui répugnait, non sans raison, l'image d'un chemin de fer surélevé, pas-

sant dans un couloir de quelques mètres, en frôlant presque les maisons (1).

M. Haag a tort, à notre avis, de s'inquiéter outre mesure de cette question des expropriations, qui serait en effet un écueil, si elle n'était pas motivée, mais qui est on ne peut plus rationnelle dans le cas présent. Il est certain que de nouvelles grandes percées s'imposent dans Paris, pour bien des motifs, comme d'autres se sont imposées il y a vingt ou trente ans; si on ne les fait pas pour y mettre un viaduc, on les exécutera sans y mettre quoi que ce soit, parce qu'elles sont de toute nécessité. Autant donc les faire tout de suite et y placer le Métropolitain si impatiemment attendu par tous.

L'idée du Métropolitain aérien est cependant si populaire à Paris, que bien des Parisiens, peu experts à démêler l'écheveau embrouillé des discussions parlementaires, croient encore que le projet actuellement soumis au Parlement donne toute satisfaction à leur goût pour l'air et la lumière! Quelle désillusion s'ils connaissaient le projet en question!

Bref, c'est ainsi que, faute d'un plan rationnel et d'une conception homogène, le projet primitif s'est peu à peu désagrégé; à l'idée générale originaire, simple, mais insuffisamment développée, se sont substitués une foule d'intérêts particuliers.

L'introduction de la ligne souterraine des Batignolles à la place de la République, qui a précédé et peut-être amené la suppression de l'artère centrale, a eu pour motif principal, comme on le sait, le désir de faire exécuter, moyennant une annuité notoirement insuffisante, la dernière section de la rue Réaumur, prévue depuis 1855. C'est que, pour la rue Réaumur, on ne craint plus les expropriations, dont on a fait la pierre d'achoppement de l'artère centrale.

Il est vrai que toutes les réunions publiques qui ont eu pour objet de réclamer le Métropolitain, ont été provoquées, organisées principalement par les propriétaires et locataires à long bail, que l'expropriation de la rue Réaumur doit favoriser!

Autre exemplé. La ligne de la place Walhubert à la gare Montparnasse, qui faisait partie de la ligne circulaire du projet primitif, desservait les quartiers les plus actifs de la rive gauche.

Elle était destinée à un trafic rémunérateur. On n'a pas eu de cesse qu'on ne la renvoyât au dernier réseau, c'est-à-dire aux calendes grecques, pour la remplacer, dans le premier, par une ligne qui ne dessert plus que les boulevards extérieurs du sud-est dont le trafic ne suffit même pas à alimenter les tramways ou les omnibus qui y passent; mais il s'agissait de donner satisfaction à une clientèle électorale particulière, en lui sacrifiant l'intérêt collectif.

Comment s'étonner, avec un pareil système, que le Projet qui fait

(1) Voir à ce sujet la Discussion au Conseil municipal, 1886, les Rapports de M. Lefèvre-Roncier, amendement de M. Léon Donnat, etc.

l'objet du Rapport de M. Pradon et de cette discussion prête le flan à toutes les critiques.

Les plus péremptoires, celles qui nous frappent le plus, les critiques d'ordre technique, ne sont peut-être pas celles qui frapperont la Chambre. Au Parlement, on est accoutumé à voter des chemins de fer sur plan et cahier des charges, sans étude des profils ni des conditions futures d'exploitation. La plupart des députés seraient peut-être surpris qu'il doive en être autrement, quand il s'agit d'une ville comme Paris, où les erreurs techniques peuvent avoir les plus graves conséquences. La lutte de l'aérien et du souterrain, ou pour mieux dire du viaduc et du tunnel, leur est sans doute parfaitement indifférente. Par contre, ils seraient très sensibles, si elles leur parvenaient en temps utile, aux critiques qui portent sur l'existence financière du Projet.

L'étude de notre collègue, M. Hauet, sur le cahier des charges, paraît précieuse à cet égard. Il y aurait une autre étude détaillée à faire, tant au point de vue de la dépense de premier établissement, qu'au point de vue des recettes. Comme M. Boudenoot l'a fait remarquer, le produit d'un chemin de fer métropolitain dépend absolument des services qu'il rend au public, des commodités et de l'agrément qu'il lui procure. A Paris surtout, ce sont ces derniers éléments dont il faut tenir grand compte. Il suffit, à cet égard, de rappeler le succès des tramways, sur lesquels la Compagnie des omnibus comptait si peu, et celui plus frappant encore des bateaux-omnibus qui arrivent à transporter par an 22 *millions* de voyageurs sur une transversale unique. Et chacun sait qu'ils ont annuellement un chômage d'environ un mois et un service journalier moyen à peine de 12 heures par jour.

En présence de toutes ces critiques, et elles ne sont pas d'hier, on se demande ce qui a pu faire prévaloir le système souterrain. Une raison d'économie mal entendue? Nous avons fait nos efforts, il y a deux ans, pour démontrer à cette même tribune que c'était là une dangereuse illusion. Puis la crainte peu justifiée d'expropriations dont on n'a pas voulu serrer l'étude de près : il ne peut y avoir autre chose.

On s'imagine qu'avec la solution souterraine, on peut éviter les expropriations. Elles s'y retrouvent, au contraire, tôt ou tard, et de la façon la plus fâcheuse, comme l'exemple de Londres le prouve surabondamment. Au lieu de l'expropriation féconde qui transforme un quartier, l'assainit, l'embellit et augmente en définitive la richesse publique, que trouve-t-on avec le système souterrain? Une succession d'indemnités aux riverains que l'on trouble pendant l'exécution des travaux, et dont on menace les immeubles : des procès en responsabilité d'accidents qui, s'ils ne se terminent par une expropriation coûteuse, aboutissent à des frais souvent plus onéreux que l'expropriation, sans en procurer aucun des bénéfices ! Et en pareil cas, le

Conseil d'État donne toujours raison aux plaignants. On ne peut pas s'imaginer à quel chiffre s'élèveraient les imprévus par la moindre malfaçon — et elles sont fréquentes dans les travaux souterrains. Cela peut aggraver à ce point les choses que l'entreprise tout entière en soit compromise. On ne nous paraît pas avoir assez médité l'exemple de l'éboulement du tunnel de Montrouge qui, après tant d'accidents de même nature, pouvait être considéré comme un avertissement de la dernière heure. Il y a là, pendant et surtout après la construction d'un tunnel dans Paris, des aléas dont on chercherait vainement à dissimuler l'importance. Les travaux d'égout, qui n'ont rien de comparable à des travaux de chemins de fer, n'en sont pas exempts eux-mêmes, témoin les procès qui ont coûté si cher à la Ville de Paris, entre autres, lors de l'établissement de l'égout de la rue des Petites-Écuries! (Aff. Julien. — Arrêt du Conseil d'État du 24 juin 1868.)

(Epuisements ayant produit des affaissements, et par suite l'ébranlement et la détérioration des immeubles voisins. Le Conseil d'Etat alloue à Mme Julien, propriétaire, 120 000 francs pour une seule maison, 30 000 francs aux locataires.)

On m'objectera peut-être que les auteurs de l'un des projets souterrains ont trouvé des entrepreneurs pour l'exécuter à forfait. D'accord, car je suis convaincu qu'on trouvera toujours des entrepreneurs, et des plus sérieux, pour prendre des travaux, quels qu'ils soient, à forfait. Mais il faudrait être bien naïf et bien peu au courant des affaires, pour croire que le contrat porte sur autre chose que les travaux proprement dits. Les entrepreneurs sont passés maîtres dans la rédaction des actes de ce genre, et échappent à toute responsabilité du fait des dommages directs ou indirects qui peuvent être la conséquence de l'exécution des travaux, et, à plus forte raison, de l'ouverture à l'exploitation d'un tunnel où la circulation intense de trains lourdement chargés peut provoquer des mouvements du sol que l'ingénieur le plus prudent ne saurait prévoir.

Je ne pousserai pas plus loin cette critique ; je risquerais de reproduire devant vous des arguments trop connus et que vous retrouverez d'ailleurs dans les procès-verbaux de nos séances de 1883. Dès cette époque, en suivant attentivement et sans parti pris la discussion, j'ai pu me convaincre qu'un examen approfondi ne laissait subsister aucun doute sur la supériorité de la solution aérienne. La lecture de l'intéressant rapport de M. Pradon est faite pour m'affermir dans cette conviction. Car, autant l'honorable Rapporteur est net dans ses appréciations élogieuses du plan simple et complet de M. Haag, qu'il repousse, autant il multiplie les réticences, les critiques, les regrets, quand il étudie le projet que la Commission a cru devoir soumettre à l'approbation des Chambres, en se retranchant derrière une éco-

nomie apparente et une limitation de garantie qu'elle reconnaît illusoire.

M. Auguste Moreau s'en tiendra là pour ce qui concerne le projet gouvernemental et le rapport de M. Pradon. Pour terminer, il examinera encore quelques points de l'argumentation de M. de Nordling.

D'abord M. de Nordling trouve le projet bien étudié et il en donne des preuves qui nous laissent assez froid. Il est réellement peu difficile ou bien indulgent. Nous croyons représenter l'opinion générale en affirmant, comme ceux qui nous ont précédé à cette tribune, qu'il n'y a pas eu d'études sérieuses, à l'exception des raccordements avec les gares faits par les Compagnies elles-mêmes. La question de l'aérage, entre autres, question si grave et si capitale qu'elle suffirait pour faire rejeter en bloc tout le projet ou pour provoquer dans la suite une catastrophe financière, ne paraît pas avoir été traitée avec le soin qu'elle comporte.

M. de Nordling, lui, résout la difficulté d'une façon bien simple : après avoir, en effet, reconnu qu'à certains jours la respiration dans le tunnel pourrait être difficile pour tout le monde et impossible pour certains tempéraments de voyageurs : *ces personnes*, dit-il, *n'auront qu'à s'abstenir de voyager ces jours-là !*

On ne peut être fâché, d'ailleurs, de lui voir établir la comparaison entre le Métropolitain souterrain et un autre genre de tunnel où les dames elles-mêmes, paraît-il, descendent quelquefois par plaisir. Il est douteux cependant que la population parisienne trouve là les mêmes charmes que les quelques élégantes qui s'offrent cette fantaisie, à laquelle aucune n'a, que nous sachions, l'intention de revenir.

Il y a, ajoute-t-il plus loin, des jours de pluie, où l'on déserte les impériales : c'est vrai, il y a même des saisons tout entières où il n'y a personne sur le toit des voitures, et cela est assez naturel. Mais au moins a-t-on la ressource de se réfugier à l'intérieur; nous ne voyons pas très bien comment l'on pratiquera la réciproque dans le tunnel, quand on commencera à se sentir asphyxié!

Plus loin, il nous signale l'inconvénient du sifflet des locomotives, et nous dit que les chevaux s'effraient sous les ponts ! Tout cela nous paraît rentrer dans la catégorie des arguments qu'il critique lui-même plus loin quand il rappelle que certaines populations s'écriaient à l'origine : « Nous ne nous servirons pas de votre chemin de fer, nous n'y monterons jamais ! »

M. Auguste Moreau, pour finir, affirme de nouveau ses préférences pour la solution aérienne, qui a passionné même certaines personnes favorables aujourd'hui au souterrain. Ainsi, le passage suivant d'une brochure déjà ancienne de M. Vauthier, conseiller municipal, paraît caractériser parfaitement cette opposition des deux systèmes, en

même temps qu'elle est la critique presque prophétique du projet ministériel :

« Et pendant que l'artiste développait ces riantes perspectives, et » les opposait aux voyages souterrains si favorables au spleen et aux » fluxions de poitrine, un industriel qui se connaît en spéculation » nous disait :

« Vous verrez qu'on commencera, comme toujours, par la moins » bonne solution ; mais vous verrez aussi qu'on en reviendra. Quant » à moi, lorsque les souterrains auront obtenu leur échec ou leur » succès, je demanderai la concession d'un chemin à ciel ouvert, et » je ferai ma fortune là où le souterrain ruinera ses actionnaires en » asphyxiant ses clients. »

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, je remercie MM. Haag, Garnier et Moreau. Il est trop tard pour entendre aujourd'hui les orateurs inscrits : MM. Chardon, Boudenoot et de Nordling. Maintenant, peut-être penserez-vous que nous approchons du jour où le débat sera épuisé.

MM. Duboul et de la Hitte ont été reçus membres associés, et MM. Jac et Weyer, membres sociétaires.

La séance est levée à onze heures un quart.

Séance du 17 Juin 1887.

PRÉSIDENCE DE M. A. BRÜLL.

La séance est ouverte à huit heures et demie.

Le procès-verbal de la séance du 3 juin est adopté.

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai le regret de vous annoncer le décès de M. Lespermont Louis-Joseph-Amédée, ancien élève de l'Ecole Centrale, membre de notre Société depuis 1873.

Je donne la parole à M. Boudenoot, qui a bien voulu rédiger une note sur ce sociétaire.

M. BOUDENOOT. — M. Lespermont, dont M. le Président vient d'annoncer le décès, était notre collègue depuis 1873 et s'intéressait beaucoup à nos travaux, auxquels son état de santé ne lui permettait plus, depuis quelques années, à son grand regret, de prendre une part active.

Ancien élève de l'École Centrale des Arts et Manufactures, il fut,

pendant quelque temps, professeur à l'Ecole commerciale et industrielle de Mulhouse : puis, reprenant la tradition de ses père et frères, fabricants de papier dans le Jura, il consacra toute sa carrière d'ingénieur à la papeterie.

M. Lespermont dirigea d'abord plusieurs fabriques importantes, et fonda ensuite un cabinet industriel où s'élaborait l'étude des installations nouvelles et de la transformation de l'ancien matériel, pour l'application des procédés mécaniques et chimiques récemment découverts dans l'industrie du papier.

Il fut lui-même l'auteur d'améliorations importantes et de nombreux perfectionnements dans la fabrication des pâtes, dans la régénération de la soude et dans l'emploi des succédanés du chiffon. Il est l'inventeur de divers appareils brevetés, parmi lesquels je citerai le « trieur épurateur » et le « laveur méthodique continu » dont le modèle se trouve au Conservatoire des Arts et Métiers.

Un grand nombre de papeteries ont été construites d'après ses plans : entre autres, celles du Thar (Manche), — du Pont-de-Claix (Isère), — de l'Estrée (Eure), — de Mios (Gironde), — de Bousbecques (Nord), de Seveux (Haute-Saône), — de Laumeuil (Corrèze). — Il est resté quatre ans attaché aux importantes et remarquables usines de MM. Dambricourt, à Vizernes (Pas-de-Calais). Quinze autres établissements en France, et vingt-deux dans les divers pays d'Europe (Angleterre, Belgique, Allemagne et Russie) exploitent plusieurs de ses procédés et appareils de fabrication.

D'après le *Bulletin des fabricants de papier*, ceux-ci le considéraient comme un maître et un professeur érudit, dont le cabinet d'ingénieur était fort suivi et les conseils très appréciés. Sa réputation était si bien établie que, tout récemment, et sans qu'il l'eût cherché, il avait été nommé, par le ministre de l'Industrie et du Commerce, membre du jury de l'Exposition universelle de 1889 pour la section de la papeterie.

Il est mort, peu de jours après avoir été honoré de cette distinction, à l'âge de soixante-sept ans, ayant fourni une longue et honorable carrière dans l'industrie, et laissant de profonds regrets dans le cœur de ses parents et aussi de ses amis, qui ne sauraient oublier son caractère aimable et sûr, son accueil toujours bienveillant.

M. LE PRÉSIDENT. — J'ai aussi à vous annoncer le décès de M. Emile-Jules Raspail, ancien élève de l'Ecole centrale, Ingénieur-chimiste, maire d'Arcueil, ancien conseiller général de la Seine, membre de la Société depuis 1864, décédé à l'âge de cinquante-sept ans.

Et enfin, le décès très regrettable de M. Alfred Huet, un des membres de l'année de la fondation de la Société des Ingénieurs civils, membre du comité, deux fois lauréat de la Société.

Le comité a été convoqué aux obsèques; un grand nombre d'entre

vous ont voulu y assister, et M. le vice-président Périssé, tout en respectant les intentions de M. Huet, qui avait demandé qu'aucun discours ne fût prononcé sur sa tombe, a dit les quelques paroles d'adieu qui suivent, et qui sont l'expression de la sympathie et des regrets de la Société.

M. Périssé. — Je viens, au nom de la Société des Ingénieurs civils, adresser un dernier adieu à Alfred Huet, l'un de ses membres depuis l'année de sa fondation, ancien membre de son Comité, et deux fois son lauréat.

Ce n'est pas un discours que je vais faire : ce serait aller contre la volonté de l'ami que nous accompagnons à sa dernière demeure ; mais il faut bien rappeler en quelques mots ce que fut la vie de cet homme de bien, de cet ingénieur éminent.

Alfred Huet, né à Paris en 1822, voulut à seize ans se faire marin ; il entra comme mousse dans la marine marchande, au Havre, et, deux ans après, passa ses examens pour devenir élève volontaire dans la marine de l'État. Il fit en cette qualité, sur l'*Uranie*, une expédition sur les côtes de Madagascar. Il rentra dans la marine marchande, où nous le trouvons lieutenant à bord du *Roitelet*, en 1844, dans les Grandes Indes.

Le choléra sévissait à Calcutta, et le *Roitelet* fut particulièrement éprouvé : il perdit son capitaine, et c'est au plus jeune de ses lieutenants, c'est à Huet, qu'incomba la périlleuse et difficile tâche de ramener le navire à Marseille, son port d'attache. Assailli par un cyclone avec un équipage décimé et mutiné, le jeune capitaine de vingt-deux ans fit preuve d'une bravoure et d'une science nautique que les plus vieux marins lui ont enviées à son retour. Après avoir fait manœuvrer les pompes de cale pendant plusieurs jours consécutifs, le *Roitelet* put relâcher au Cap pour y être réparé, et finit par rallier le port français où la nouvelle de sa perte avait été déjà annoncée comme inévitable.

Nous le retrouvons, dans ce voyage, ce qu'il a toujours été : brave jusqu'à la témérité quand il y avait quelqu'un à sauver ou à secourir, inébranlable et infatigable dans l'accomplissement de son devoir.

Huet avait un avenir assuré dans la marine ; mais son frère aîné était mort, son père était gravement malade, et, pour se rendre à ses désirs, il quitta la marine pour se préparer et entrer à l'Ecole centrale. Sa mère et ses deux jeunes sœurs avaient besoin de lui.

C'est en 1848 que le marin était devenu ingénieur. Il ne tarda pas à s'associer à Geyler, pour courir ensemble le monde, afin d'explorer les richesses minérales en Afrique, dans l'Amérique du Sud, en Russie, en Espagne, en Italie, etc.

C'est sur la préparation mécanique des minerais que se portèrent plus particulièrement leurs efforts, et tous deux furent les seuls Fran-

çais qui luttèrent à l'étranger contre les maisons allemandes, et qui fondèrent à Paris le seul cabinet d'ingénieur civil s'occupant spécialement de la préparation mécanique des minerais.

Leurs inventions ont fait faire de grands progrès à cette industrie ainsi que l'attestent les récompenses obtenues à toutes les expositions françaises, et en 1866, la Société des Ingénieurs civils décerna sa première médaille d'or à Huet et Geyler, pour leur remarquable mémoire. Leurs principales installations sont à Aguilas et à Almagrera (Espagne), à Montecatini (Italie) et au Laurium en Grèce. On peut dire, sans crainte de se tromper, que ce sont nos deux collègues qui ont découvert les mines du Laurium moderne, dont la prospérité consiste plus peut-être dans ses beaux gisements calaminaires, que dans les plombs argentifères sur lesquels l'exploitation avait exclusivement porté avant Huet et Geyler.

Je ne puis séparer les noms de ces deux ingénieurs ; n'ont-ils pas été toujours unis pendant leur carrière et ne vont-ils pas reposer, presque côte à côte, du sommeil des justes, après neuf ans de séparation.

Après la mort de Geyler, en 1878, Huet songea à se retirer des affaires pour se vouer plus particulièrement aux mines du Laurium. C'est à notre Société qu'il a donné la primeur des renseignements les plus précieux sur ces belles mines, et il a reçu, en 1880, seul cette fois, une deuxième médaille d'or. Tout dernièrement il me chargeait de présenter à la Société son deuxième mémoire sur le Laurium. Il y a urgence, me disait-il.

Il n'avait, hélas ! que trop raison : l'état de sa santé était devenu bien mauvais depuis six mois et il vient d'être enlevé à l'affection de ceux qui l'ont connu.

Nous, ses amis intimes, nous sommes nombreux autour de cette tombe. Permettez-moi, en votre nom à tous, d'adresser à ses deux sœurs, l'expression de notre bien vive sympathie.

Adieu, Huet, tu fus un homme de bien, ta vie entière a été une vie de dévouement pour les tiens, pour ta patrie, pour tes amis et pour tous ceux qui ont travaillé avec toi ; tu as été un homme probe, n'écoutant jamais que la voix du devoir et de l'honneur.

Adieu, ta mémoire sera impérissable.

M. LE PRÉSIDENT. — Nous avons à entendre l'exposé de la situation financière de la Société, par M. le trésorier.

M. le Trésorier a la parole.

SITUATION FINANCIÈRE AU 1er JUIN 1887

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des sociétaires était au 17 décembre 1886 de.	2119
Pendant le 1er semestre 1887, les nouvelles admissions ont été de.	56
ce qui donne un total de.	2175
A déduire, par suite de décès	11
Total des membres de la Société au 1er juin 1887 . . .	2164

Situation de Caisse au 1er juin 1887.

I. — Le **Solde en Caisse** au 17 décembre 1886 était de. 20.011,43

Les opérations effectuées depuis cette époque sont établies comme suit :

RECETTES

A. — Pour le fonds courant, comme provenant de :			
Cotisations payées par 230 retardataires.	8.280 »		
Cotisations payées pour l'année courante	14.760 »		
		23.040 »	
Droits d'admission.		1.225 »	
Intérêts d'obligations :			
Diverses	1.570 89		
Legs Nozo.	138 22		
Legs Giffard	953 02		
		2.662 13	
Annonces.		1.100 »	
Locations des salles de séances		2.580 »	
		30.607 13	
A reporter. . . .		30.607 13	20.011 43

Report. . . .	30.607 13	20.011 43
B. — Pour le fonds inaliénable :		
6 exonérations à 600 fr. . . . 3.600 »		
(MM. Ellissen, Villard, Marié, Odent, Frager, Boudenoot.)		
Dons par divers. . . . . 324 »		
	3.924 »	
Les sommes reçues pendant le 1er semestre s'élèvent ainsi à.		34.531 13
et le montant total des sommes disponibles au 1er juin 1887 ressort à		54.542 56

DÉPENSES

1° Pour les dépenses courantes il a été payé :		
Impressions (Procès-verbaux, Bulletins, divers).	18.044 80	
Contributions et droits de mainmorte. . .	800 »	
Frais de personnel	8.735 »	
Affranchissements.	4.162 55	
Entretien de l'immeuble, eau, éclairage. .	2.051 »	
Frais de bureau et divers.	680 10	
		34.473 45
2° Achat de 10 obligations nominatives du Midi pour le fonds inaliénable.		3.917 15
3° Remboursement d'une obligation amortie de la Société sur le fonds inaliénable.		500 »
4° Secours distribués sur les intérêts du legs Giffard . .		150 »
Le montant total des sommes employées au 1er juin 1887 est de		39.040 60

II. — Résumé.

Solde en caisse au 17 décembre 1886. . .	20.011 43	
Recettes effectuées	34.531 13	
		54.542 56
Dépenses soldées.		39.040 60
Reste en caisse au 1er juin 1887.		15.501 96
Ce solde en caisse se répartit comme suit :		
1° Pour le fonds courant.		5.936 37
2° Pour le fonds inaliénable.		4.755 67
3° Pour les intérêts du legs Nozo.		691 10
4° Pour les intérêts du legs Giffard.		4.118 82
Soit		15.501 96

Avoir de la Société.

A. — Fonds courant :		
1° En espèces	5.936 37	
2° Intérêts du legs Nozo	691 10	
3° Intérêts du legs Giffard	4.118 82	
4° 126 obligations nominatives du Midi	41.272 44	
5° 58 obligations au porteur	21.578 60	
		73.597 33
B. — Fonds inaliénable :		
1° En espèces	4.755 67	
2° 25 obligations nominatives du Midi	9.650 »	
3° 10 — — achetées en mars 1887 (jouissance d'avril)	3.890 »	
4° 19 obligations nominatives du Midi provenant du legs Nozo	6.000 »	
5° 131 obligations nominatives du Midi provenant du legs Giffard (jouissance avril)	50.372 05	
		74.667 72
6° Un hôtel ayant coûté	278.706 90	
sur lequel il reste dû pour 3 obligations amorties de la Société (solde)	1.500 »	
		277.206 90
Montant total de l'**Avoir de la Société** au 1er juin 1887		425.471 95

Observations générales.

En ce qui concerne les recettes, il convient de noter pour mémoire qu'il reste dû à la Société, au 1er juin 1887 :

1° Cotisations arriérées	12.240 »	
2° Cotisations de l'exercice	51.912 »	
		64.152 »

En présence des retards constatés dans le paiement de la cotisation, le recouvrement des quittances sera confié à l'Administration des Postes et Télégraphes, qui assure ce service dans les conditions les meilleures et avec la plus grande régularité.

Le fonds inaliénable présentant dans l'Avoir de la Société une somme liquide en espèces de 4 755 francs, votre Comité vient de décider que cette somme serait consolidée par l'achat de 12 obligations de la Compagnie du Midi.

A cette occasion, je dois faire savoir que le Comité poursuit activement, de concert avec le Comité de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale, les formalités relatives à la délivrance du legs de Mme Fusco Geyler. Ainsi qu'il a été dit, ce n'est pas avant

un certain temps que ces formalités seront accomplies. Le dossier a été déposé dans les bureaux de M. le Préfet de la Seine, qui doit le premier donner son avis.

Vous avez sans doute remarqué, parmi les chiffres énoncés dans le compte rendu, la délivrance d'un secours temporaire remis à l'un des membres de notre Société à titre de prêt à valoir sur les intérêts du legs Giffard, conformément aux intentions du testateur. Ce prêt a été fait à la suite d'une enquête qui a permis au Comité de statuer en toute connaissance de cause, et de faire ainsi, grâce à la généreuse libéralité de notre regretté collègue, une première application de l'article 2 de nos statuts si libéraux, § 7°, aux termes duquel l'un des buts que nous poursuivons est d'assister temporairement ceux des membres de la Société qui seraient dans la nécessité de réclamer notre concours.

Enfin, pour mémoire, je rappellerai en terminant que dans le semestre écoulé, bien que notre Société n'ait pas participé de ses propres deniers à la souscription ouverte en faveur des victimes de l'accident du puits Chatelus et du puits Culats, à Saint-Étienne, les souscriptions recueillies parmi ses membres par les soins de M. Husquin de Rhéville ont formé une somme totale de 3 070 francs.

Le montant en a été remis des mains de notre honorable collègue. M. Reymond, Président du Conseil général et député de la Loire, à M. le Préfet de ce département.

La liste des 198 souscripteurs est déposée dans les archives de notre Société.

M. LE PRÉSIDENT.— Vous venez d'entendre, Messieurs, l'exposé de la situation financière de la Société.

Quelqu'un de vous désire-t-il des éclaircissements complémentaires ou a-t-il des observations à présenter?

S'il n'y a pas d'observations, je vous propose d'approuver les comptes qui viennent de vous être présentés, et de remercier M. le trésorier des soins qu'il veut bien donner à la gestion de nos affaires. Je crois que nous pouvons être satisfaits de la situation actuelle sans renoncer toutefois à l'espoir d'en conquérir une plus brillante dans l'avenir.

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes.

Les comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. REYMOND désire s'acquitter d'un mandat qu'il lui tarde de remplir. Ses collègues dans la députation de la Loire, sénateurs et députés, l'ont chargé de remercier la Société des Ingénieurs civils des largesses et de la générosité qu'elle a bien voulu accomplir et dont il a été l'intermédiaire, en transmettant les offrandes à M. le préfet de la Loire.

M. Reymond. — Vous voudrez bien me permettre de rappeler tout d'abord en très peu de mots ce qui s'est passé :

Au banquet du 4 mars, à la suite d'un discours de notre sympathique collègue, M. Poirrier, président de la Chambre de commerce de Paris, et sur sa proposition, une souscription a été ouverte en faveur des victimes du puits Chatellus.

Dès le lendemain et deux fois depuis, c'est-à-dire à trois reprises, des sommes dont le montant total s'élève à 3 070 francs m'ont été remises par les soins de notre Président. Je les ai fait parvenir au Préfet de la Loire, qui préside la commission chargée d'opérer la répartition des secours entre les familles des victimes.

Il serait, certes, plus facile à un étranger à l'art de l'Ingénieur qu'à un des vôtres de célébrer, comme il le mérite, cet acte généreux ; mais celui qui a vécu, comme nous, de la vie du mineur, qui a toujours trouvé en lui un compagnon de travail, un ami, un frère à l'heure du danger, aussi prompt à se sacrifier pour son ingénieur que son ingénieur pour lui, celui qui connaît cette merveilleuse solidarité faite d'estime et de confiance réciproques, celui-là sait bien que, pour vous tous qui venez ainsi de donner, sans compter, à des victimes lointaines et inconnues, l'entraînement a été irrésistible ; le plaisir a passé la peine !

Il n'en est pas moins vrai qu'à l'heure actuelle, en présence des efforts malsains entrepris pour séparer l'ouvrier de l'ingénieur, quand nous pouvons tous lire certains écrits où l'acrimonie et l'injustice des insinuations ou des attaques n'ont souvent d'égal que le talent de l'auteur, on est heureux de voir s'affirmer, dans un élan aussi spontané que désintéressé, le sentiment de réelle affection des Ingénieurs civils pour ceux dont ils ont tant de fois partagé les périls et dont ils ressentent si vivement les souffrances.

Au nom de mes collègues, sénateurs et députés du département de la Loire, au nom du département tout entier, représenté par le Conseil général, que j'avais l'honneur de présider et qui a exprimé par un vote unanime ses sentiments de gratitude ; au nom des victimes et de leurs familles, j'adresse à la Société des Ingénieurs les remerciements les plus sincères. *(Applaudissements.)*

M. le Président. — L'ordre du jour appelle la remise de la médaille d'or à l'auteur du meilleur mémoire présenté pendant l'année 1886.

Les travaux qui ont plus spécialement appelé l'attention sont :

1° Le mémoire de M. Le Brun sur l'application des échelles logarithmiques au calcul des terrassements.

2° Le mémoire de M. Borodine : recherches expérimentales sur l'emploi des enveloppes de vapeur et du fonctionnement compound dans les locomotives.

Malgré le grand mérite du travail de M. Borodine, le jury a cru devoir décerner la médaille d'or à M. Le Brun qui a trouvé la solution jusqu'ici la plus complète, la plus rapide et la plus pratique d'un problème dont se sont occupés depuis le commencement du siècle un très grand nombre d'ingénieurs et notamment Fourrier, Coriolis, Davainne, Lalanne et Siegler.

Les beaux tableaux d'anamorphose de M. Lalanne ont été récompensés par la médaille d'or des *Annales des Ponts et Chaussées* et un diplôme d'honneur à l'exposition de 1878. M. Siegler a fait faire en 1878 un pas de plus à la question en employant des échelles linéaires, mais son appareil est un peu encombrant.

Les échelles logarithmiques de M. Le Brun, non seulement s'appliquent à tous les cas de la pratique, quels que soient le talus et la largeur de la plate-forme, mais elles permettent de lire à la fois la surface du profil et le volume qui lui correspond, avec l'approximation ordinaire de la règle à calcul de 1/300, qui, en pratique, a donné une moyenne de 1/500. Elles donnent donc directement la valeur d'une formule à trois variables et constituent ainsi un procédé entièrement nouveau qui ouvre une voie féconde pour la rapide détermination d'un grand nombre de problèmes intéressant l'art de l'ingénieur.

Ces échelles tracées sur le tiroir d'une règle applicable aux calculs algébriques aussi bien qu'aux calculs tachéométriques peuvent donc être mises de suite dans les mains des agents d'études dont la plupart se servent déjà de la règle pour les calculs topographiques.

M. Le Brun a employé sa méthode dans les services qu'il a dirigés et M. Vallot, l'un de nos secrétaires, en a fait également une application à la suite de laquelle la forme définitive de la règle a été arrêtée. C'est sur sa demande que l'échelle correspondant aux profils entiers y a été intercalée.

Il nous a donc semblé que cette méthode, ayant déjà reçu une sanction pratique, constitue dans un nouvel ordre d'idées un grand pas en avant dont on pourra tirer de nouvelles applications et qu'à ce titre, nous devions lui accorder la haute récompense dont dispose annuellement la Société.

M. LE PRÉSIDENT remet la médaille d'or à M. Le Brun. *(Applaudissements.)*

L'ordre du jour appelle la communication de MM. Carimantrand et A. Mallet sur le chemin de fer de Bayonne à Biarritz.

M. A. MALLET expose que le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz, ouvert le 2 juin 1877, se recommande à l'attention, tant par son trafic exceptionnel pour un chemin de fer d'intérêt local que par le système d'exploitation effectuée, dès l'origine, par des trains légers

et à service simplifié du genre de ceux qui ont été décrits dans la récente communication de M. Cossmann sur les trains-tramways organisés par la Compagnie du Nord.

La mention qui a été faite dans cette communication des trains entre Bayonne et Biarritz (voir la note au bas de la page 422 du *Bulletin* de mars) comportant à la fois une inexactitude et une ambiguïté de rédaction, il a paru opportun pour bien établir les faits de présenter à la Société une notice sur cette petite ligne intéressante à divers points de vue.

Le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz a été concédé par le Conseil général des Basses-Pyrénées en 1874 comme chemin de fer d'intérêt local, sous le régime de la loi du 12 juillet 1865, et d'après un cahier des charges daté du 15 septembre 1874.

La ligne a 8 kilomètres de longueur en nombre rond; le profil est assez accidenté, car les inclinaisons supérieures à 5 millièmes représentent 75 0/0 de la longueur et les rampes de 14 millièmes et plus 38 0/0. Les courbes de 600 à 300 mètres de rayon entrent dans la longueur totale pour 42 0/0.

La voie a été établie à l'écartement normal, bien que la concession autorisât l'emploi de la voie de 1 mètre entre les rails. Les motifs qui ont fait adopter l'écartement normal sont à la fois l'éventualité d'un raccordement ultérieur avec la ligne du Midi, raccordement qui n'a pas encore été fait d'ailleurs, et le désir d'employer des voitures à deux étages de grande capacité. On n'a pas eu à regretter de s'être rallié à cette solution.

La voie est faite en rails Vignole d'acier, pesant 22,5 kilogr. par mètre courant, posés sur traverses à l'écartement de 0,800^{m}. Cette voie a été établie avec le plus grand soin et s'est toujours très bien comportée avec des machines dont certains essieux portent de 8,5 à 9 tonnes.

Le matériel de transport se compose exclusivement de voitures à deux étages auxquelles l'absence de travaux d'art supérieurs à la voie a permis de donner la hauteur de 5 mètres au-dessus du rail. Ces voitures appartiennent à deux types : le premier, qui peut avec une seule voiture constituer tout un train, ce qui est nécessaire en hiver, a un compartiment de première, un de seconde et un emplacement pour les bagages, en bas, plus une impériale ouverte ou fermée à laquelle donne accès un escalier intérieur, ces voitures contiennent 67 voyageurs; les autres voitures ont un seul compartiment dans le bas et une impériale, elles reçoivent 92 personnes. 4 voitures de ce genre forment un train qui peut porter 368 voyageurs et bien plus les jours d'affluence, où, pour un trajet de moins d'un quart d'heure, on se case comme on peut. Il n'y a pas de service de marchandises.

Il y a cinq locomotives-tenders dont trois à quatre roues couplées pesant 19 tonnes en service et deux, à six roues couplées, pesant

25 tonnes. Toutes ces machines sont du système compound, ce sont les premières auxquelles ce genre de fonctionnement ait été appliqué. La moyenne de la consommation de combustible, pendant ces dix années d'exploitation, ne dépasse pas 4 kilogrammes par kilomètre.

En 1885, le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz a transporté 724 000 voyageurs dont 35 000 seulement de première classe, dans 14 956 trains contenant en moyenne 49 voyageurs pour 177 places offertes, soit un rapport de 0,276; le parcours annuel total a été de 119 648 kilomètres.

La recette brute par kilomètre de ligne s'est élevée à 37 194 francs, ce qui donne 2,405 francs par train-kilomètre; les dépenses s'élèvent pour la même unité à 1,21 franc; le rapport des dépenses aux recettes brutes est donc de 0,4825 pour 1885.

Les dépenses de traction sont de 0,455 fr. par train-kilomètre dont 0,104 de combustible pour une moyenne de trois voitures; ce chiffre se rapproche sensiblement, comme on voit, du chiffre de 0,403 francs indiqué par M. Cossmann pour les trains-tramways de la Compagnie du Nord, et correspondant à une seule voiture.

M. Mallet a cru d'autant plus nécessaire de faire connaître ce qui se rapporte à l'exploitation du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz que la communication, fort intéressante d'ailleurs, de M. Cossmann tendrait, d'après lui, à accréditer une erreur, savoir que le décret du 20 mai 1880 constituerait le germe de l'introduction en France des trains-tramways ou trains légers. Or, ce décret, autorisant une dérogation à l'ordonnance de 1846 sur la police, la sûreté et l'exploitation des chemins de fer, ne concerne que les lignes d'intérêt général Les lignes d'intérêt local, établies sous le régime de la loi du 12 juillet 1865, ne sont point soumises d'une façon *absolue* et rigoureuse à l'ordonnance de 1846, car les cahiers des charges dressés d'accord avec l'autorité préfectorale peuvent y apporter et y apportent en fait toutes les dérogations compatibles avec la sécurité publique. Il suffit de renvoyer aux observations sur la loi de 1865 relative aux chemins de fer d'intérêt local présentées par M. Jules Morandière à la Société, en 1870, (voir p. 217 et suivantes).

En réalité il n'est pas une seule des simplifications de service réalisées dans ces derniers temps par les trains légers ou trains-tramways dont M. Cossmann a entretenu la Société qu'on ne pût établir sur les chemins de fer d'intérêt local sous l'empire de la législation en vigueur et qu'en fait on n'y ait établi bien avant le décret de 1880. Dans ces conditions, il doit être permis, contrairement aux conclusions de MM. Cossmann et Cerbelaud, de revendiquer pour la France beaucoup plus que le douteux honneur d'avoir baptisé les trains dits *tramways* d'une expression empruntée à une langue étrangère; quant au décret de 1880, on peut, pour continuer les métaphores employées par nos collègues, lui reconnaître le mérite d'avoir proclamé la *majorité* des

trains-tramways en en étendant l'usage aux grandes lignes de chemins de fer.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, si vous désirez discuter l'importante communication de MM. Carimantrand et Mallet, je vous demanderai de le faire dans une prochaine séance, afin que nous puissions terminer aujourd'hui la discussion du Métropolitain, à l'ordre du jour depuis un mois. Je me bornerai à remercier aujourd'hui ces Messieurs de leur intéressant travail.

M. LEVEL. — Je demande la parole à la prochaine séance.

M. LE PRÉSIDENT : — J'ai reçu de M. Le Brun une lettre en son nom et au nom de M. de Cœne. M. de Cœne offre à la Société de lui donner différentes commodités pour examiner en détail les travaux de la basse Seine. En nous mettant en correspondance avec M. de Cœne, nous ferons choix d'un jour favorable pour cette excursion, vers la fin de juillet, et nous pourrons profiter de cette promenade pour parcourir le canal de Tancarville et visiter l'exposition maritime du Havre. Une prochaine circulaire vous tiendra au courant de ce qui aura pu être fait pour organiser cette excursion.

Nous avons reçu de M. Boutmy Charles, membre de la Société, une lettre par laquelle il fournit des renseignements sur le procédé Bower et Barff, pour rendre le fer inoxydable.

Ces renseignements ont été envoyés à M. Richeski.

Nous avons reçu deux lettres, l'une de M. Bunel, l'autre de M. Berthot, relatives à la question de la sécurité dans les salles de spectacle.

L'une de ces lettres donne le règlement récemment élaboré par la Commission spéciale ; l'autre présente des propositions relatives à la construction des théâtres. Ces documents seront conservés pour le jour où l'on pourra mettre à l'étude cette question.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion du rapport de M. Pradon sur le réseau métropolitain. La parole est à M. Chardon.

M. CHARDON. — Si l'on cherche parmi les Métropolitains existants quel est celui qu'ont paru se proposer pour modèle les auteurs du projet gouvernemental, il semble que ce soit du Métropolitain de Londre qu'ils ont voulu s'inspirer.

Le rapport Pradon dit d'ailleurs en propres termes :

« Le seul Métropolitain qui ait avec le nôtre de sérieuses analogies » est celui de Londres, qui a été visité par une délégation de votre » Commission. »

En outre, un plan du Métropolitain de Londres a été distribué aux députés comme annexe audit rapport.

Il y a donc lieu de se livrer à une comparaison entre le modèle et le projet qu'il aurait inspiré et de tirer de cette comparaison succincte quelques conclusions. Ce sera l'objet de cette courte note.

Nous prendrons pour guide, en ce qui concerne les Métropolitains de Londres, l'ouvrage que M. Huet, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, a publié en 1878 comme membre de la Commission chargée par le préfet de la Seine de se rendre à Londres pour y étudier les chemins de fer Métropolitains, et la note du même Ingénieur publiée dans le *Bulletin municipal* du 11 octobre 1883, sur les travaux destinés à achever l'Inner Circle. Les articles publiés dans la *Revue générale des Chemins de fer* en août 1885 et mars 1887 par M. Monjean confirment et complètent les renseignements fournis par M. Huet.

Le circuit Métropolitain de Londres a été construit et est exploité, on le sait, par deux Compagnies dont la dernière venue, la Metropolitan District Railway, ne s'est mise à l'œuvre qu'après que le Metropolitan Railway avait terminé et exploitait la plus grande partie de son réseau et a pu, par conséquent, profiter de l'expérience faite par son aînée.

Celle-ci, d'ailleurs, avait également procédé par améliorations successives, ainsi que l'explique M. Huet.

« La première section, dit-il, de Paddington à Farringdon Street, » a été établie sur la plus grande partie de son parcours d'Edgware » Road à King's Cross, dans l'axe des deux grandes voies de Mary- » lebone Road et d'Euston Road. On évitait ainsi les expropriations » coûteuses, mais on était obligé de se maintenir en souterrain con- » tinu sur toute la longueur de ces deux voies, soit sur environ » 3 250 mètres. Au delà, et pour gagner Farringdon Street, on a dû » se jeter au travers des propriétés privées, mais on a trouvé comme » compensation aux dépenses considérables d'expropriations nécessitées » par cette traversée, la facilité d'y établir le chemin de fer à ciel » ouvert. Cette compensation fut largement appréciée lorsque l'ou- » verture de cette première section fit ressortir les difficultés sérieu- » ses que présente l'exploitation de souterrains de grande longueur » parcourus par des trains aussi multipliés que ceux que comporte un » service métropolitain. En effet, depuis treize ans que cette partie » du Metropolitan Railway est livrée à la circulation, l'attention des » ingénieurs n'a pas cessé de se porter sur les moyens d'améliorer » les conditions d'exploitation de ce souterrain. Dès l'ouverture on se » préoccupait de la ventilation des stations souterraines de Baker » Street, de Portland Road, de Gower Street, placées sur son par- » cours. En 1866, on remaniait la station de Baker Street. En 1868, » on élargissait la station de Portland Road et en réalité on la dé- » couvrait partiellement. En 1870 et 1871 on pratiquait à la station » de Gower Street des ouvertures qui y font largement pénétrer l'air » et la lumière. En 1871 et 1872 on perçait de distance en distance

» dans la voûte du tunnel et des chaussées d'Euston Road, sous les-
» quelles il s'étend, des ouvertures masquées par une plaque en fonte
» à jour et corrrespondant à des refuges de 1 mètre de largeur et de
» 5 à 6 mètres de longueur établies dans l'axe de ces chaussées. »

M. Huet nous fait ici saisir distinctement la marche suivie :

La première Compagnie Métropolitaine exécute une première section, en souterrain dans les rues, qu'elle parvient difficilement à rendre exploitable à force de travaux complémentaires, puis termine par une section à ciel ouvert à travers les propriétés privées, dont elle a tout lieu de se féliciter.

Que fait alors la deuxième Compagnie, le Metropolitan District qui vient après? M. Huet nous le dit en quelques mots page 66 :

« Construit lorsqu'une première section du Métropolitain était déjà
» en exploitation, il a profité de l'expérience acquise pour éviter tout
» souterrain continu de grande longueur. »

Que font ensuite toutes les villes que l'exemple de Londres a engagées à construire des Métropolitains : New-York, Philadelphie, Rotterdam, Berlin? Elles adoptent toutes la solution aérienne.

Lors donc qu'on nous présente pour Paris un projet en souterrain sous les rues, ce n'est pas même aux Métropolitains de Londres qu'on nous ramène, mais seulement aux premiers tâtonnements de la Compagnie qui la première a frayé la voie et c'est là ce que l'on voudrait nous donner comme le dernier mot du progrès.

Le plus long souterrain de Londres a, nous l'avons vu, 3 250 mètres que l'on a dû diviser ultérieurement en deux parties en découvrant partiellement la station située au milieu, Or, nous relevons dans le projet gouvernemental les longueurs suivantes de souterrains continus :

Ligne A	de Montmartre à la rue Oberkampf	3 465	mètres.
Ligne B	Entière	6 440	»
Ligne C	»	2 180	»
Ligne E	»	4 905	»
Ligne F	»	1 900	»
Ligne G	»	3 470	»

Nous n'insistons pas sur la ligne B ou transversale Nord-Sud qui, avec son passage sous la Seine, comporte un souterrain de 6 440 mètres, ayant entendu dire que ses auteurs eux-mêmes la défendent faiblement et qu'elle ne figure ici que pour attirer sur elle et absorber pour ainsi dire toutes les critiques, puis disparaître un jour au moment opportun afin d'entraîner l'adoption du projet que ce sacrifice semblerait débarrasser des objections capitales; mais, elle supprimée, ne reste-t-il pas encore une énorme proportion de parties difficilement exploitables, que l'exemple de Londres ne justifie absolument en rien.

Passons aux stations.

M. Huet dit : « *les trois stations souterraines* du Metropolitan Rail-» way sont comprises dans la longueur du grand souterrain d'Edg-» ware Road à King's Cross. »

Quant au Metropolitan District :

« Les stations sont établies dans des conditions analogues à celles » du Metropolitan. *Toutes sont en tranchées à ciel ouvert.* »

Donc à Londres, pour les deux compagnies, on compte trois stations souterraines en tout, comme on peut le vérifier sur l'excellente carte publiée par la *Revue générale des chemins de fer* en mars 1887. Or, à Paris, le projet nous en promet 42. Avouons que l'assimilation serait ici encore un peu forcée.

Nous avons vu en outre que sur les trois stations souterraines de Londres, l'une a été en partie découverte, quant aux autres : « Leur » voûte, dit M. Huet, est largement évidée à ses naissances par des » voûtes rampantes de pénétration qui forment comme de vastes sou-» piraux destinés à ventiler et éclairer ces gares souterraines. Ces » voûtes rampantes débouchent au dehors, en arrière des trottoirs, » dans les petits jardins qui séparent les constructions de la chaussée » dans les voies d'Euston Road et de Marylebone Road. »

Par quoi remplacera-t-on à Paris ces petits jardins absents de nos rues?

On peut se le demander quand on voit que pour la seule station dont le mode d'aération et d'éclairage soit indiqué, celle de l'Opéra, les deux uniques prises de jour sont à plus de 300 mètres l'une de l'autre.

M. Huet a complété sa première étude par un rapport publié le 11 octobre 1883 au bulletin municipal, où il parle de la dernière section du Métropolitan, celle qui est venue fermer l'Inner Circle et permettre l'exploitation en circuit.

La plus grande partie de cette section de 1 140 mètres est établie en souterrain sous les rues, ce qui n'a pas empêché son énorme prix de revient que M. Huet évaluait avant l'achèvement à 55 millions et qui, en y comprenant un raccordement avec l'East London, la construction d'une gare d'échange avec le South Eastern et les opérations de voirie connexes a coûté, d'après les chiffres publiés par les compagnies :

82 500 000 fr.	aux deux compagnies qui ont payé chacune la moitié de cette somme et
20 000 000	subventions du Board of Works et de la Compagnie des Egouts.
	soit :
102 500 000 fr.	en totalité.

M. Huet, en donnant la description des travaux effectués, et sur lesquels la *Revue générale des chemins de fer*, d'août 1885, fournit les dessins fort intéressants, fait comprendre cette dépense considérable. Permettez-moi quelques citations : « D'abord en quittant la station de » Mansion House et avant d'atteindre Queen's Street, le chemin de fer » rencontre une maison de cinq étages en façade sur cette rue. La » Compagnie a préféré passer par-dessous en reprenant en sous-œuvre » cette énorme construction plutôt que la démolir et d'établir sur ce » parcours le chemin à ciel ouvert.

» Cette reprise en sous-œuvre constitue cependant un travail des » plus difficiles et des plus délicats. »

Suit la description de ce travail qui est exceptionnel à Londres où la maison de cinq étages est peu fréquente, mais qui se présentera souvent à Paris où elle est de règle, chaque fois que pour une cause ou une autre l'axe du tunnel sera forcé d'abandonner le milieu de la chaussée.

Le chemin de fer s'engage ensuite sous Cloak Lane en démolissant les constructions sud de cette voie et reprenant en sous-œuvre celles du nord.

Puis la ligne suit Cannon Street.

La construction du tunnel sous cette rue présente le plus grand intérêt.

« Dans une rue de 17 mètres environ de largeur et dans un bon » terrain, dit M. Huet, on a jugé nécessaire d'aller reprendre et de » descendre, jusqu'au niveau du sol de fondation des piédroits du » tunnel, les fondations de toutes les maisons bordant la rue. »

Cette nécessité, en effet, était absolue et elle s'imposera également à Paris dans tous les cas semblables.

En effet, dès que les constructions sont fondées à un niveau supérieur au radier du tunnel, la poussée des terres sur les flancs de celui-ci est augmentée de la composante provenant du poids desdites constructions, d'où la nécessité d'un étayage établi en conséquence pendant les fouilles et d'une construction calculée pour résister à cette poussée supplémentaire, d'où aussi la crainte constante qu'un tassement qui viendrait à se produire dans le tunnel n'entraîne les maisons riveraines.

Le seul moyen d'échapper à ce danger est de descendre, comme on a dû le faire à Londres, les fondations des maisons au niveau même de celles des piédroits du tunnel.

Et cette nécessité est d'autant plus grande que le tunnel est placé plus bas par rapport à ces fondations.

Or, à Paris, on peut supposer en moyenne les maisons fondées à 5 mètres, tandis que le tunnel sera souvent à une profondeur double, si nous en jugeons par la profondeur des stations qui est le seul renseignement qu'en l'absence des profils le projet fournisse pour nous éclairer à cet égard.

En voici quelques-unes, relevées en différents points :

STATIONS		PROFONDEURS
Montmartre	Mètres	10 »
Place de la République (station à bagages)	—	11.16
Place Denfert-Rochereau	—	8.37
Trocadéro	—	9.20
Tour Saint-Jacques	—	11.68
Place Dauphine	—	15.80
Cluny (station à bagages)	—	11.20
Luxembourg	—	10.35
Boulevard Sébastopol	—	11.73
Place de la République	—	11.83
Place de l'Étoile	—	11.04
Panthéon	—	11.60

Les profondeurs sont comptées entre le sol et les quais des gares ; or, si nous nous en rapportons aux profils et coupes publiés par M. Huet, nous constatons qu'à Londres, pour les trois uniques gares souterraines, la même distance est d'environ 6 mètres seulement.

L'assimilation avec Londres est donc encore impossible sur ce point. M. Huet, poursuivant la description fort intéressante et très instructive de ces énormes travaux, démontre jusqu'à l'évidence que si le souterrain sous les rues, qui a été la première pensée des promoteurs du Métropolitain, n'avait pas été aussitôt abandonné par ses auteurs mêmes comme trop incommode, il n'aurait pas tardé à l'être comme trop coûteux.

Ce sont, d'ailleurs, les difficultés et le prix de cette solution qui s'opposent encore aujourd'hui à l'établissement d'une transversale, qui serait si utile à l'exploitation de l'Inner Circle.

Une voie est tout indiquée pour ce tracé : c'est Regent Street qui correspond à peu près au petit diamètre de l'ellipse, mais les Compagnies reculent devant les dépenses de ce travail et se sont contentées d'établir un service d'omnibus entre les deux branches métropolitaines.

C'est pourtant cette solution du tunnel sous les voies publiques que l'on nous propose aujourd'hui comme la plus parfaite en alléguant qu'elle a été adoptée à Londres.

Vous voyez d'abord qu'à Londres on n'a pas persisté dans cette idée et puis, c'est Molière qui l'a dit :

> Quand, sur une personne on prétend se régler,
> C'est par les beaux côtés qu'il lui faut ressembler.

et ce qui est vrai des gens doit l'être aussi des Métropolitains.

Or, nous trouvons que le projet présenté fait une trop large part aux mauvais côtés de son prétendu modèle ; que, loin de les atténuer, il

les exagère considérablement, et c'est pourquoi à ceux qui persisteraient à voir en lui l'image du Métropolitain de Londres, nous pouvons répondre, preuves en main, qu'il n'en serait, tout au plus, que la caricature.

Un mot, pour finir, à propos de la dépense.

M. Boudenoot a évalué à 10 millions le coût moyen kilométrique des lignes métropolitaines de Londres, et ce chiffre a été généralement admis dans la suite de la discussion.

Il résulte, en effet, du capital dépensé par les deux Compagnies, qui était au 31 décembre 1886 de :

£ 8 169 444	pour le Metropolitan district.		
£ 12 183 800	pour le Metropolitan.		
£ 20 353 244	au total ou	Fr.	513 500 000 »
	chiffre auquel il faut ajouter pour subventions. . .		26 000 000 »
	Total.		539 500 000 »
	pour 56 kilomètres ou par kilomètre.	Fr.	9 800 000 »

Mais il faut observer que cette longueur de 56 kilomètres comprend 29 kilomètres de ligne de banlieue que l'absence de limites à la ville de Londres permet de confondre avec les lignes métropolitaines et dont le prix bien plus réduit abaisse la moyenne dans une forte proportion. Si, éliminant ces lignes, on ne considère que le réseau vraiment urbain constitué par l'Inner Circle, d'une longueur totale de 21 kilomètres, on trouve que le prix moyen des kilomètres construits dans la Ville proprement dite est non pas de 10, mais de 13 millions.

M. le Président. — M. Boudenoot a la parole.

M. Boudenoot, répondant à M. de Nordling qui s'est déclaré l'adversaire de tout ajournement du Métropolitain, pense que M. de Nordling a confondu l'ajournement du vote des subsides avec l'ajournement des travaux. Il rappelle qu'il s'est attaché à démontrer que, quelque diligence que l'on fît, il était maintenant devenu impossible de commencer les travaux matériels du Métropolitain avant 1890.

M. Boudenoot. — J'ai ébauché cette démonstration l'année dernière, je l'ai complétée cette année ; et personne, pas même M. de Nordling, n'a pu nier qu'il serait souverainement déraisonnable, imprudent et malencontreux d'ouvrir dans Paris, l'année même de l'Exposition, les nombreux chantiers que nécessiteront d'aussi importants travaux, et de transformer la capitale en un vaste bourbier, au moment où l'on appellerait les étrangers à venir la visiter.

Résumons rapidement, puisque je n'ai pas eu le bonheur de me faire comprendre par M. de Nordling, cette argumentation qui a paru pourtant décisive à bien des personnes.

Nous sommes au milieu de l'année 1887; il y a encore à faire examiner le projet par la Chambre et par le Sénat; le moindre amendement introduit par la seconde Chambre amène une nouvelle discussion de la part de la première et ensuite encore un examen de la seconde; il y a lieu d'établir sur tous les points, tels que la discussion les aura fixés et modifiés, une entente complète entre le Gouvernement, la Ville, les Compagnies et le Concessionnaire; il y a, en outre, à remplir les formalités légales et administratives; il y a enfin à établir les projets définitifs, car je ne pense pas qu'on se hasarde à commencer les travaux d'après des avant-projets; il y a à préparer les expropriations, les occupations de terrains, etc. Je crois que parmi les ingénieurs qui ont passé par la pratique de ces diverses opérations, pas un ne dira que pour tout cela, il faille moins de dix-huit mois à deux ans, en admettant même qu'il ne se présente pas d'obstacles imprévus. Quiconque émettrait la prétention d'aboutir plus vite méconnaîtrait absolument les conditions dans lesquelles se présente l'affaire. Ce serait fermer les yeux à l'évidence et oublier les longues années qu'on a employées pour en venir seulement au point où nous en sommes, que de croire qu'aujourd'hui, que le principal reste à faire, on s'en tirera en moins de dix-huit mois. On est donc acculé à l'impossibilité de donner le moindre coup de pioche avant 1889, et par suite, avant 1890.

Cela posé, n'est-il pas juste et sage de mettre à profit ce laps de temps pour avoir recours à une procédure qui, sans retarder l'exécution matérielle des travaux, permettra du moins de savoir où l'on va, ce que l'on dépensera, et dans quelles conditions ?

Je persiste donc à demander qu'on repousse le projet proposé parce qu'il est mauvais, dangereux, fécond en surprises redoutables, et, en outre, étudié d'une façon absolument insuffisante, quoi qu'en dise M. de Nordling.

Le projet n'étant pas né viable, et son rejet ne faisant plus aucun doute pour la plupart d'entre nous, il faut bien dire ce qu'on pourrait mettre à sa place.

Pour moi, je n'hésiterais pas, car il n'y a pas seulement 15 jours, mais des années, que je l'étudie, à lui substituer le projet Haag, modifié et complété comme je l'ai indiqué, de façon à en abaisser notablement le prix de revient kilométrique; et celui-là est entièrement et parfaitement élaboré.

Mais, prévoyant les objections secondaires que soulèverait la substitution immédiate d'un projet excellent à un projet détestable, je me suis emparé du moyen, d'ailleurs très raisonnable et très sensé, indiqué par l'honorable M. Pradon.

J'ai demandé et je demande encore aujourd'hui que le Parlement, par voie de déclaration d'utilité publique, se prononce immédiatement sur le tracé, sur la direction des diverses lignes métropolitaines, sur

le mode d'exécution, aérien ou souterrain, à adopter pour chacune d'elles ; le tout, abstraction faite du vote des subventions.

Cela fait, qu'on procède ensuite, et sans tarder, à l'étude complète et détaillée des projets et devis définitifs, concernant les divers tracés adoptés ; et, sur leur présentation, le Parlement pourra alors discuter et voter, en connaissance de cause, des conventions avec les Compagnies, des traités avec le concessionnaire et des subventions d'exploitation limitées à tel ou tel chiffre.

Cette procédure, je le répète, étant donnée la situation où nous place la force des choses, ne retardera pas d'un jour le moment où l'on pourra donner le premier coup de pioche.

Je suis d'accord avec M. de Nordling, quand il recommande de se garder de toute solution absolue. J'ai pris la même précaution dans le mémoire déjà cité ; et j'ajoute qu'il n'y a pas une personne sensée qui puisse demander que le Métropolitain soit tout entier aérien ou tout entier souterrain.

Seulement, suivant qu'on est, en principe et d'une manière générale, partisan du souterrain ou de l'aérien, on cherche à faire admettre l'un plutôt que l'autre dans les parties où le choix est possible, tout en s'inclinant devant la nécessité pour les sections où la force des choses impose une solution à l'exclusion de l'autre.

C'est ainsi que l'on arrivera, si l'on est en principe partisan de l'aérien, à réclamer 4/5 environ de voies aériennes et 1/5 seulement de voies souterraines ; tandis que, si l'on est partisan du souterrain, on recommandera la proportion inverse.

Eh bien ! dans le sens que je viens d'indiquer et sous le bénéfice de cette explication logique et naturelle, je me déclare partisan résolu de la solution aérienne ; et je pense que M. de Nordling n'est pas loin de partager cette opinion, puisqu'il nous dit que le voyageur, en général, préfère le viaduc, et que lui-même est de cet avis (p. 166).

Sur la question de dépense, M. de Nordling a contesté quelques-uns de mes chiffres : il prétend que je n'ai pas motivé les formidables majorations entrevues pour le souterrain, et que ce n'est pas assez de signaler, à cet égard, « les pentes trop raides et les courbes trop fortes ».

Mais il oublie que j'ai indiqué bien d'autres raisons, telles que : les difficultés matérielles de l'aérage et de la ventilation, les installations coûteuses qu'elles nécessitent ; l'affaissement des terrains et des maisons ; les éboulements du sol, comme aux tunnels du Père-Lachaise et de Montrouge ; l'ébranlement des immeubles et les grosses indemnités correspondantes (rappelez-vous l'affaire Julien, citée par M. Moreau) ; les aléas énormes à craindre, avec exemples à l'appui : le kilomètre de tunnel, qui a coûté 50 millions à Londres, où le sous-sol est meilleur qu'à Paris ; les égouts, les conduites d'eau et de gaz à éviter ou à déplacer ; les accidents à redouter et les précautions à prendre pen-

dant l'exécution des travaux ; les réfections que réclameront les Compagnies pour produire le trafic d'apport, réfections que le Rapporteur de la commission déclare pouvoir être exigées par les Compagnies, suivant les termes de la convention, etc., etc.

N'est-ce donc rien que tout cela? Et quand, après cette énumération, l'on entend dire à tout le monde que le souterrain s'établira à Paris dans des conditions beaucoup plus difficiles qu'à Londres, n'a-t-on pas le droit de conclure que, si le prix moyen kilométrique du Métropolitain londonnien a dépassé 10 millions, on reste très modéré en adoptant le chiffre de 9 millions pour le Métropolitain parisien?

Présomptions pour présomptions, comme dit M. de Nordling, je ne crois pas que les siennes soient basées sur des arguments aussi clairs, aussi nets, aussi faciles à saisir.

Loin de paraître téméraires, mes prévisions ont paru à certaines personnes rester encore au-dessous de la vérité, et depuis ma dernière communication, j'ai reçu diverses lettres où l'on renforce mon argumentation à cet égard.

Dans l'une on me dit : que c'est plus de 9 millions que coûterait à Paris un chemin de fer souterrain ; que le sous-sol parisien est fréquemment sillonné de ruisseaux ; qu'il est très certainement beaucoup plus difficile que le sous-sol de Londres ; que pour le comparer à ce dernier, il faut se rappeler le fameux kilomètre du tunnel anglais qui a coûté 50 millions et se dire qu'à Paris on en rencontrera plusieurs de cette sorte.

Dans une autre, on m'écrit : « M. de Nordling a rappelé qu'à Ber-» lin les eaux de la Sprée sont pour ainsi dire à fleur de terre (p. 66), » ce qui a forcé de recourir au viaduc. Je ne connais pas Berlin et » m'en rapporte à cet égard à notre collègue; mais je connais Paris, et » dans mes rapports multiples avec les terrassiers, les entrepreneurs et » les puisatiers, j'ai appris depuis longtemps que, dans les divers » quartiers qui s'étendent du Marais jusqu'à l'Opéra, il y a de nom-» breuses infiltrations d'eau à une faible profondeur. »

C'est précisément la direction que suivrait le tunnel le plus important du projet. J'ajoute, en ce qui me concerne et comme habitant de la rive gauche, que la partie comprise entre la Seine et le boulevard Saint-Germain est également envahie par les eaux à chaque crue un peu forte du fleuve ; enfin tout le monde connaît les affaissements survenus récemment au boulevard Saint-Michel, et craint dans le quartier du Luxembourg le voisinage des catacombes.

Je n'en dirai pas plus sur les évaluations infiniment trop faibles du prix de revient kilométrique du souterrain et je laisse à prévoir le sort qui leur est réservé. Quant à mon estimation du prix moyen kilométrique des lignes aériennes à 9 200 000 fr., M. de Nordling ne le conteste pas ; mais, dit-il, c'est la moyenne entre les lignes chères et les lignes faciles (p. 68). — Assurément ! nous sommes d'accord là-

dessus et c'est bien ainsi que j'ai présenté ce chiffre. J'estime, en effet, que si on veut établir convenablement le Métropolitain, il faut dresser un programme complet, comprenant un réseau de lignes utiles par elles-mêmes et se donnant l'une à l'autre des voyageurs, accroissant l'une par l'autre leur utilité particulière et par suite l'utilité entière du réseau, c'est-à-dire augmentant la totalité proportionnelle du trafic; constituant enfin un ensemble tel que la compensation des lignes chères par les lignes bon marché fasse ressortir une diminution notable du prix moyen du kilomètre, tandis qu'au contraire il en pourrait résulter un accroissement de la recette kilométrique moyenne.

A ce propos je signalerai en passant la seule critique grave que j'aie à formuler sur le projet Haag; mais son auteur me la permettra d'autant plus volontiers qu'il est facile d'y remédier. — Je trouve que M. Haag montre un peu trop de dédain pour les lignes autres que l'artère centrale. Il ne s'inquiète pas assez du reste, qu'il considère comme n'affectant que des « intérêts de quartier ». — Mais ce sont précisément les intérêts de tous les quartiers qui constituent l'intérêt urbain du chemin de fer, intérêt qui est des plus importants, certains disent le seul d'un chemin de fer métropolitain. — M. Haag propose une petite ceinture ; mais ce n'est pas assez, il est bon qu'il songe aussi aux lignes de quartier et de banlieue (pour ce dernier point, je sais qu'il a déjà fait une addition à son projet), il est bon qu'il les combine de manière à les relier avec les deux voies de l'artère centrale réservée au trafic local. Cette lacune est l'écueil de son projet, qui se soutiendra bien mieux contre l'argument de la cherté, lorsque par la combinaison des lignes bon marché avec les lignes chères, le prix moyen kilométrique aura été considérablement réduit. — Que M. Haag me permette de le lui dire : c'est là pour lui le moyen d'aboutir. Il doit d'autant moins hésiter à entrer dans cette voie que, quand je lui ai soumis mes évaluations relatives au réseau total de 60 kilomètres environ que j'ai préconisé, il a trouvé qu'on pourrait les abaisser en construisant les lignes purement locales d'une façon plus économique, et je ne crois pas que l'on puisse critiquer cette manière de voir.

Qu'on ait donc recours pour les sections d'intérêt purement urbain à des solutions purement économiques, j'y souscris, mais qu'on ne commette pas la faute d'en constituer un réseau indépendant, autonome; il faut, au contraire, les relier et les faire correspondre le mieux possible avec les autres lignes métropolitaines, afin que toutes se fournissent un apport mutuel maximum. J'estime que, pour exécuter une œuvre vraiment utile, vraiment fructueuse, il est nécessaire de ne pas disloquer les lignes métropolitaines, mais d'en constituer un ensemble logique. Je crois que M. Haag, plus que personne, a un grand intérêt, pour les motifs que je viens d'indiquer, à envisager ainsi la question et à comprendre, dans un programme complet, les lignes chères et les lignes bon marché.

Je persiste à soutenir qu'il y a lieu d'étudier sérieusement dans ce sens le programme des lignes métropolitaines, et cela, soit qu'on les construise sous terre, soit qu'on les construise à l'air libre. — Si l'on se bornait à exécuter les lignes chères, on aboutirait à un résultat final déplorable; mais si on les compense par les lignes bon marché, le résultat d'ensemble deviendra satisfaisant.

Il est bien entendu qu'il ne faut pas exagérer, et qu'on aurait grand tort, en entrant dans ces vues, d'augmenter trop la longueur du réseau.

Car, malgré l'abaissement du prix moyen du kilomètre, si on dépassait une certaine longueur limite, l'économie kilométrique de premier établissement serait bientôt très fâcheusement compensée par la moindre utilité des lignes, ce qui se traduirait par un abaissement correspondant de la recette kilométrique moyenne.

Il y a une juste mesure à garder, et j'ai appelé l'attention sur ce point dans une communication de l'année dernière.

Telles sont, en résumé, les conditions dans lesquelles on pourrait constituer un réseau métropolitain, dont les 3/4 environ du parcours seraient à l'air libre, dont le coût kilométrique serait de 9 millions, c'est-à-dire à peu de chose près égal au coût kilométrique du chemin de fer souterrain. — J'ajoute qu'il rendrait infiniment plus de services au public et que probablement *il paierait*, tandis que l'autre, tel qu'il est projeté, *ne paiera pas*.

Ce sont là des vues d'ensemble ; quant aux chiffres que M. de Nordling réclamait, ils ont été fournis par M. Haag avec une plus grande compétence et une plus sérieuse autorité que celle que je puis offrir. Je n'en retiens que la conclusion, qui est que, si le réseau central restreint coûte fort cher, on peut avoir un réseau d'ensemble qui, grâce à l'adjonction de lignes bon marché utiles, fait ressortir un prix moyen kilométrique moins élevé que celui même que j'ai cité. Encore faut-il tenir compte de la dépense spéciale à la voirie; M. Haag l'évalue à 285 millions, dont la Ville devrait naturellement prendre à sa charge une grande partie ; par suite, on ne peut me taxer de complaisance à l'égard des évaluations aériennes.

Que M. de Nordling, qui préfère l'aérien, se rassure donc. L'objection de la dépense, qui l'inquiète et le tourmente, peut être dissipée si l'on va au fond des choses et si l'on traite la question comme il faut, c'est-à-dire en arrêtant un plan d'ensemble, dont on fixerait les grandes lignes et les conditions générales d'exécution, quitte à échelonner les travaux sur une assez longue période d'années, au fur et à mesure des ressources disponibles.

Mais, du moins, en agissant ainsi, on n'ira pas à l'aventure ; les sections seront construites successivement, mais on saura comment elles se relient entre elles et comment les diverses parties se soudent les unes aux autres ; on ne s'exposera pas à de redoutables mécomptes et on n'aura pas à craindre les tristes échecs réservés à tous ceux qui

vont de l'avant sans règle et sans conduite, au gré d'aveugles hasards.

Je souhaite ardemment que M. de Nordling, dont l'approbation est à juste titre recherchée, puisse se rendre compte, par une étude minutieuse, que les évaluations de M. Haag ne sont pas exagérées. Déjà, malgré ses entrevues avec les architectes et les artistes, il a bien voulu reconnaître, après avoir examiné les esquisses du viaduc, que le goût artistique ne serait point choqué par les dispositions du projet. J'espère qu'après vérification, il pourra en être de même en ce qui concerne le côté financier de l'entreprise.

Mieux vaut une dépense de 500 millions qui est rémunératrice, qu'une dépense de 250 millions qui ne l'est pas ; et M. Haag a donné la vraie formule en disant : le chemin de fer le moins cher est « celui qui fait ses frais. »

Telles sont les observations que je voulais présenter en réponse aux vues diverses que M. de Nordling a développées.

J'ajoute que l'adjonction de lignes supplémentaires au projet Haag peut se faire sans difficulté.

Je citerai à ce sujet l'avis de M. Le Brun qui, en venant préconiser devant nous le projet de MM. Milinaire, a insisté sur ce point que « le réseau proposé peut se combiner avec d'autres, notamment avec le projet Haag ». Je citerai aussi M. Level qui, en 1885, appuyant de nouveau la solution aérienne qu'il avait déjà défendue ici en 1882 et au Conseil municipal en 1883, faisait observer qu'il « sera difficile » de marier un chemin de fer souterrain aux voies existantes, contrai- » rement au cas des tracés aériens comme ceux de MM. Haag et » Garnier ».

Enfin, je rappellerai la démonstration concluante que M. Haag lui-même a faite à cet égard dans notre dernière séance.

Si pourtant l'on construit une ligne Nord-Sud spéciale, ce qui paraîtra peut-être superflu après les explications que M. Haag nous a données dans la dernière séance et qui tendent à faire considérer cette transversale comme réalisée suffisamment par l'une des deux branches de l'X à centre allongé ; si, dis-je, malgré cela, l'on construit une ligne Nord-Sud indépendante de l'artère centrale, je crois encore qu'il est préférable de substituer une ligne aérienne, ne fût-ce qu'un chemin de fer funiculaire à niveau, comme dans les grandes villes d'Amérique, à l'étrange tunnel qui est projeté par le Gouvernement, à cette voie souterraine qui présente des courbes de 150 mètres de rayon et des pentes de 25 $^{m}/^{m}$, les déclivités coïncidant parfois avec les courbes, qui fait un grand détour pour passer sous les deux bras de la Seine et qui comporte onze stations souterraines à 12 et 16 mètres de profondeur.

Assurément il faudra se préoccuper de la rencontre à angle droit de l'artère centrale et du viaduc métallique ou du tramway funiculaire qui longerait ainsi le boulevard Sébastopol ; mais c'est là un point tout

spécial, unique même ; et du reste la difficulté se présente aussi bien avec le souterrain qu'avec l'aérien. Dans les deux cas, en effet, si on voulait exécuter, en cet endroit, un raccordement à niveau, il faudrait, soit en plein air, soit sous terre, avoir recours à un développement oblique fort important d'une des deux lignes, et passer par un point de rebroussement ou par un point d'inflexion ; car on ne laissera jamais les rails mêmes se couper à angle droit, soit sous terre, soit à l'air libre. Il est donc probable qu'on sera amené à placer l'une au-dessus de l'autre. Par suite, pas de raccordement possible ; mais une communication par escaliers ou ascenseurs. M. de Nordling préfère les ascenseurs ; moi aussi. Mais son imagination les lui représente mal en plein air ; mon imagination, à moi, ne me les représente guère mieux dans le souterrain. Deux gares souterraines, l'une sur l'autre, me paraissent aussi compliquées que deux stations aériennes superposées.

Ces grandes installations souterraines, à deux niveaux différents, ou même à plusieurs étages, ne seront-elles pas aussi coûteuses qu'incommodes et pleines de dangers ? On en a fait justice, en ce qui concerne l'énorme gare centrale qu'on voudrait établir en souterrain derrière l'Opéra, et nous ne pensons pas sans sourire ou sans crainte à cette grande « gare-calorimètre », à doubles parois, que M. Moreau nous a fait entrevoir.

En petit comme en grand, ces installations ne laissent pas d'inquiéter.

Ces inquiétudes, M. de Nordling les ressent aussi, s'il ne les exprime pas toujours. Pourtant à propos du double passage sous la Seine, il n'a pas craint de s'exprimer avec une certaine vigueur. Il n'a pas dissimulé « son effroi à la pensée que le système proposé, qui doit coûter des centaines de millions, ne repose encore sur rien, puisque l'étude du passage sous la Seine qui en est la clef de voûte, est réservée ». (P. 71.)

C'est pourquoi, dès mon premier travail sur le Métropolitain, j'ai pris le projet ministériel, tel que l'avait présenté M. Baïhaut, en m'abstenant de toute modification en ce qui concerne les directions du tracé.

M. LE PRÉSIDENT. — La parole est à M. de Nordling.

M. DE NORDLING. — Je commence par réparer une omission, en adressant à M. Boudenoot mes remerciements personnels d'avoir engagé cette discussion si fructueuse sur le Métropolitain, et je ne regrette qu'une chose, c'est que la discussion n'ait pas été abordée aussitôt que notre collègue le demandait, il y a un an, je crois.

Il me semble que mes honorables contradicteurs se sont livrés à pas mal de personnalités. Mais comme les personnalités ne sont point des arguments et ne font pas avancer les discussions, je n'en relèverai que deux.

On m'a fait comprendre que j'avais trop rebattu des considérations connues, et cela, évidemment, parce que je n'avais pas pris la peine de lire tout ce qui s'était déjà dit au sein de notre Société, pendant ma longue absence, sur les différents moyens de transport parisiens. Je ne veux pas nier ce que ce reproche peut avoir de fondé ; — l'homme n'est pas parfait ! — mais je crois que je me trouve en bonne compagnie. Un jeune et brillant membre vous a fait une longue communication sur les avantages de la voie étroite, évidemment sans se douter non plus qu'il reproduisait une partie des considérations que j'avais moi-même développées, il y a bientôt vingt ans.

D'un autre côté, on m'a donné à entendre combien il était téméraire d'opposer une variante improvisée dans l'espace de dix jours à un projet mûri depuis cinq ans. Je crois que c'est vraiment le cas de répéter : « Le temps ne fait rien à l'affaire ! » Quand on reste pendant cinq ans courbé sur un projet, à le contempler, le ciseler, le lécher, on finit par être tellement identifié avec son œuvre, par être tellement dominé par le sentiment de la paternité, qu'on n'en aperçoit plus que les beautés et qu'on s'aveugle sur les défauts. Les ingénieurs, en ce cas, partagent le sort des peintres qui, à force de regarder, quelquefois ne voient plus. Vous avez tous remarqué, au Salon, un tableau fameux intitulé : *le Retour de Salamine*. Évidemment, son auteur était, et est sans doute encore, convaincu d'y avoir représenté des types grecs. Le public parisien ne s'y est pas trompé ! Il a jugé *en un clin d'œil* qu'il n'en était rien, qu'il n'y avait là que des types contemporains, des modèles connus de Paris. Pour ma part, il ne m'en a pas fallu davantage pour reconnaître que le Métropolitain de M. Haag était une *ligne de transit*, à l'instar de Berlin, et non une *ligne urbaine*, comme celle que je ne suis pas seul à concevoir pour Paris.

Mais j'arrive au point capital du débat, à l'argument décisif ! J'avais dit que, pour les lignes proprement urbaines, c'était l'excessive dépense qui excluait le viaduc comme solution générale ; que les lignes souterraines placées sous les voies publiques étaient évaluées par kilomètre à 5 millions par le Gouvernement, à 10 millions par M. Boudenoot, tandis que les lignes urbaines de M. Haag revenaient à 36 millions par kilomètre. Pour arriver à ce dernier chiffre, j'avais mesuré leur développement sur la carte et trouvé 9 900 mètres. Donc (voir p. 69) :

$$\frac{362\,000\,000 \text{ fr.}}{9\,900} \text{ soit } \frac{362\,000\,000}{10\,000} = 36 \text{ millions}$$

M. Haag s'est récrié contre ce procédé. Mais tout en se récriant il a donné, à la séance, comme longueur exacte 9 815 mètres et dans une lettre qu'il a bien voulu m'écrire postérieurement : 9 758 mètres.

$$\frac{362\,000\,000}{9\,758} = 37\,100\,000 \text{ fr. par kilomètre.}$$

Je ne comprends pas l'intérêt que pouvait avoir M. Haag à faire cette rectification qui, insignifiante en elle-même, ne fait qu'accentuer la cherté de sa solution, et donne aux chiffres que j'ai présentés l'autorité du nom de M. Haag lui-même.

En présence de ce résultat, dorénavant acquis (qui loin de reproduire *d'anciens* arguments, résume au contraire les données les plus récentes de M. Haag), on peut bien, sans inconséquence, être *en principe* un partisan platonique du viaduc, et accepter, *en pratique*, le souterrain. C'est dans ce sens que j'ai parcouru mon chemin de Damas. Du reste, c'est bien gratuitement qu'on cherche à me faire passer pour un partisan du passage souterrain de la Seine, puisque, pour le remplacer, j'ai pris la peine de rechercher et de vous exposer une variante à ciel ouvert, entre Saint-Germain-des-Prés et la Bourse.

J'ai fini avec ma défense rétrospective, et je vous demande la permission de revenir maintenant sur la critique que j'ai moi-même faite du projet du Gouvernement.

J'ai appelé votre attention sur l'intersection à angle droit, au boulevard Sébastopol, des deux lignes B et E du réseau proposé, mais je n'ai pas suffisamment insisté sur les conséquences de cette disposition et de la boucle du boulevard Magenta pour l'organisation des trains urbains et de l'itinéraire des trains de banlieue et des trains à bagages à l'intérieur de Paris.

M. DE NORDLING entre dans des démonstrations sur la grande carte et ajoute : Vous voyez, Messieurs, que la configuration du réseau proposé conduit, au rebours des besoins de la circulation, à avoir bon gré mal gré plus de trains sur une partie de la ligne périphérique que sur une partie des lignes radiales. Vous voyez, en outre, que la pénétration des trains de banlieue ne sera rien moins que simple ; enfin que ceux qui s'imagineraient pouvoir choisir librement l'une des trois stations à bagages pour leur débarquement ou leur embarquement dans une direction quelconque s'exposeraient à une déception.

Préoccupé, pour ma part, à chercher des *solutions*, non des *objections*, je devrais maintenant vous montrer encore que la variante que je vous ai fait connaître et que je persiste à soutenir échappe à la plupart de ces critiques. Mais il faudrait pour cela entrer dans des développements que l'heure avancée et la lassitude générale ne comportent plus.

Je termine par une observation relative à la procédure préconisée par M. Boudenoot. Pour éviter l'ajournement, la Chambre devrait, selon M. Boudenoot, voter le Métropolitain en réservant la question financière, c'est-à-dire, si je comprends bien, en réservant le choix entre le viaduc et le souterrain. Je ne crois pas, pour ma part, à la possibilité de cet expédient. Le moins que la Chambre puisse voter, — dans un sens positif, — c'est la déclaration d'utilité publique. Or, on comprend bien qu'on ait pu voter autrefois, tout en réservant le tracé, la

déclaration d'utilité publique « d'un chemin de fer de Paris à la frontière de Belgique, passant par ou près Amiens » ; mais il est difficile de concevoir que la Chambre puisse voter également une ligne E, de l'avenue de Villiers à la place de la République par les rues du Quatre-Septembre et Réaumur, sans préjuger implicitement la nature du tracé, sans se prononcer, de fait, sur l'inéluctable dilemme du souterrain ou du viaduc. A mon sens, il est impossible que ce dilemme survive à la déclaration d'utilité publique.

M. Level. — Messieurs, il se dégage deux choses de l'important débat qui va se terminer : c'est d'abord que la Société n'est pas une Société d'admiration mutuelle ; nous avons l'habitude de nous dire sincèrement nos vérités et nos discussions sont libres. En second lieu, c'est que la discussion sur le Métropolitain manque de conclusion pratique. C'est sur ce point spécial que je voudrais appeler l'attention de la Société. Je ne voudrais pas qu'il fût dit que cette discussion s'est terminée sans qu'une voix s'élève ici pour indiquer un commencement de solution, afin qu'on n'ajourne pas tout un ensemble de projets qui ont été si laborieusement élaborés.

J'ai pris position dans ce débat, lorsque j'étais au Conseil municipal, je n'ai pas besoin d'y revenir ; mais, quelles que soient mes sympathies, j'estime que, si le malheur voulait que la Chambre rejetât d'une manière définitive le projet qui lui a été présenté, c'en serait fait pour longtemps de la construction du Métropolitain. Comment faire pour concilier les grosses difficultés dans lesquelles nous nous débattons ? Est-ce que la Société ne comprend pas qu'il serait intéressant de montrer une voie dans laquelle on pourrait s'engager pour retenir dans la plus large mesure possible tous les concours obtenus de la Ville et des grandes Compagnies de chemins de fer, prêtes à s'associer à cette affaire, si mauvaise qu'elle puisse être ? Est-ce que la Société ne comprend pas qu'il serait intéressant de ne pas laisser s'effondrer ce qu'on a échafaudé avec tant de peines, à condition de réserver l'avenir ? Est-ce qu'on ne voit pas que, même d'ici à l'Exposition, on peut créer un moyen de satisfaire aux besoins de la population pendant l'Exposition, tout en desservant les intérêts permanents de la Ville, en faisant jouer un rôle provisoire aux instruments créés pendant l'Exposition, les mêmes instruments devant jouer plus tard le rôle définitif auquel ils sont destinés dans l'ensemble du réseau ?

Il y a des points sur lesquels tout le monde est d'accord. Tout à l'heure, il y avait ici un plan sur lequel figurait le projet de M. Haag. J'ai constaté qu'il y avait des parties presque communes avec le projet du Gouvernement. Pourquoi ne pas les exécuter ? Je constate, d'autre part, qu'il y a un certain nombre de lignes qu'on peut faire rapidement, presque sans expropriation. Je vais vous les indiquer.

Prenez, par exemple, la ligne de Ceinture ; vous savez qu'aujour-

d'hui elle est débarrassée de tous les trains de marchandises. Voilà donc un premier chemin de fer métropolitain; seulement, on ne peut pas s'en servir, pour plusieurs motifs. D'abord, les trains font le tour de Paris, et n'entrent pas dans les grandes gares. En second lieu, les trains sont très espacés, sauf sur la ligne d'Auteuil. Enfin, il y a des prix prohibitifs. On est d'accord sur ce point, que la ligne de ceinture devrait être surtout une ligne de voyageurs. Dans le projet du Gouvernement, les grandes Compagnies se sont engagées à faire les raccordements de la Ceinture avec leurs grandes gares, cela pourrait être fait pour l'Exposition. Vous voyez déjà cette première section du Métropolitain composée d'une ligne circulaire, avec possibilité pour les trains de pénétrer dans l'intérieur des grandes gares à Paris, comme cela existe à Londres et à Berlin.

Supposez maintenant que, d'ici à l'Exposition, les passages à niveau de la rive droite soient supprimés ; la Ville de Paris, l'État et le Syndicat de ceinture ont voté les fonds nécessaires ; je suis convaincu que, d'ici à dix-huit mois, les passages à niveau de la ceinture seront presque tous supprimés ; de là, possibilité de faire circuler un grand nombre de trains entrant dans les gares, ce qui permettrait de créer autour de Paris une série de villes de l'importance de Levallois-Perret, qui comprend aujourd'hui 35 000 âmes. Que faudrait-il pour cela ? Il faudrait un prix à bon marché, et ne pas dépasser 0,30 *f*. Si le Syndicat de grande ceinture s'entendait avec chacune des grandes Compagnies, on amènerait bien vite les grandes Compagnies à comprendre que, d'un point quelconque de la Ceinture à une grande gare, tout le monde a intérêt à se servir du train de Ceinture.

Mais il y a plus : vous avez remarqué que chaque station de la ceinture sert de tête à une ligne de tramway et d'omnibus. Puisque, à Paris, les Omnibus et les Tramways donnent des correspondances, pourquoi ne s'entendraient-ils pas, à ce sujet, avec les Chemins de fer? En 1883, la correspondance entre les tramways et omnibus et le chemin de fer de Ceinture a été étudiée. On s'est tenu à 0,40 *f* au lieu de 0,30 *f*. Je disais :

Prenez toujours 0,40 *f*; si un Parisien peut aller dans l'intérieur de Paris pour 0,40 *f* par la Ceinture et les Tramways, vous aurez déjà réalisé un grand progrès. Cela peut se faire en 24 heures ; il suffit de considérer toutes les Compagnies de transport de la capitale comme une même administration, pour que le public soit desservi. Voilà déjà un premier moyen qui permettrait peut-être de ne pas exposer le projet de loi à un échec, jusqu'à ce qu'on ait le temps d'étudier plus à fond la question.

A ce sujet, j'ajouterai quelque chose à ce qu'a dit M. Boudenoot. Non seulement il est malheureusement impossible de donner un coup de pioche avant l'Exposition, mais j'ai remarqué que la population parisienne n'est pas très enthousiasmée du Métropolitain. Est-ce parce que

le Métropolitain ne plait pas comme il est? Le précédent Ministre de la Guerre s'est totalement désintéressé de ce Métropolitain parce que la défense nationale ne peut pas s'en servir. Je demande si, au lieu de s'acharner à discuter la solution aérienne ou souterraine, on ne pourrait pas s'entendre pour faire quelque chose avant l'Exposition. Si les trains de ceinture entrent dans les grandes gares, vous aurez obtenu un grand progrès au point de vue de la circulation dans Paris, et au point de vue de la solution de la question des logements à bon marché. Le jour où le tour de Paris sera facilement accessible, vous verrez construire des logements à bon marché.

Cela posé, ne pourrait-on pas s'entendre encore pour réaliser une ou deux des lignes sur lesquelles M. Haag et le Gouvernement se rencontrent? Il y en a une qui est intéressante. Il y a par exemple, dans les deux projets, une ligne de la porte Maillot au Trocadéro. Si vous supposiez un instant cette ligne faite, sans expropriation, et cela me semble très facile à réaliser, ne voyez-vous pas que l'Exposition serait admirablement desservie, car, on pourrait aller de la gare Saint-Lazare à l'Exposition en 15 minutes.

Enfin, la Ceinture rive droite viendrait aboutir à l'Exposition par la jonction qui existe à Courcelles. Avec une dépense de 2 millions, on ferait cela sans expropriation.

Il y a encore une autre ligne importante qui pourrait être exécutée sans expropriation. La ligne des Moulineaux va être prochainement terminée. Qui empêcherait M. Haag et le Gouvernement de s'entendre pour prolonger plus avant dans Paris cette ligne qui rendrait de grands services pour l'Exposition.

J'estime que, si on voulait se borner pour le moment à faire cette ligne, on aurait beaucoup avancé la question, on aurait intéressé au Métropolitain les Parisiens. Si cette ligne-là était faite, on pourrait apprécier les avantages ou les inconvénients du souterrain, et peut-être que personne n'en voudrait plus. Ce que je demande, c'est qu'on ne dise pas qu'il n'y a rien à faire. Je voudrais voir commencer quelque chose qui soit prêt pour l'Exposition, qui émeuve la presse et l'opinion publique; tandis que, si aujourd'hui vous repoussez l'affaire, je crains que vous n'enterriez toute espèce de Métropolitain pour l'avenir.

M. Moreau.— En première ligne M. de Nordling m'accuse de ne pas connaître ses études sur les chemins de fer d'intérêt local. Or, j'ai particulièrement apprécié ses travaux, puisque je les cite en toutes lettres dans mon mémoire sur cette question.

En second lieu, si M. de Nordling a voulu dire par là que, dans mon ouvrage, tout n'était pas nouveau, nous sommes absolument d'accord. Mais M. de Comberousse, dans son rapport sur les récompenses de 1885, a trouvé que mon travail n'était pas sans mérite.

Cette opinion a été partagée par le Jury, qui a bien voulu m'accorder une récompense. M. de Nordling me permettra de lui dire que cette consécration me suffit.

M. LE PRÉSIDENT fait savoir qu'il a reçu, à propos du Métropolitain, trois lettres qu'il doit faire connaître en substance avant de clore la discussion.

La première, déjà ancienne, est signée par M. C. Laurens. Elle présente une opinion qui, pour n'être pas générale, n'en a pas moins des partisans convaincus : c'est qu'il n'y a pas lieu de construire un chemin de fer dans Paris.

Les objections sont basées sur des considérations artistiques, et sur la gêne que le passage fréquent des trains causerait aux habitants des maisons riveraines.

Dans la seconde, M. Jules Garnier, répondant à l'objection présentée par M. Moreau au système de chemin de fer qu'il propose, fait remarquer que, dans les quartiers du centre de la ville, la trouée qu'il pratiquerait améliorerait la salubrité, que les îlots les plus exigus seraient naturellement désignés pour l'établissement des stations et que le tracé couperait un grand nombre d'îlots de grandes dimensions, recouverts de constructions de faible valeur, ce qui diminuerait le montant des dépenses.

Enfin, la troisième correspondance a été adressée à la Société par M. Goschler. Elle propose, comme vient de le faire M. Level, des mesures transitoires pour améliorer la circulation dans Paris et pour satisfaire aux besoins qu'amènera l'Exposition de 1889.

Trois moyens sont indiquées dans le premier but, savoir :

1° Raccorder les lignes de tramways avec l'intérieur des gares voisines de leur terminus, afin de faciliter le passage des voyageurs d'une ligne sur l'autre;

2° Organiser des départs et des arrivées sur les lignes de tramways, assez fréquents pour desservir tous les trains;

3° Etablir des billets de correspondance entre les chemins de fer et les tramways et un service de factage pour le transport des bagages à domicile.

Quant aux exigences spéciales à l'Exposition, on y satisferait par les deux moyens suivants :

1° La prolongation des rails du Tramway de la rive gauche depuis le pont de l'Alma jusqu'aux entrées de l'Exposition;

2° La construction des raccordements par rails du Chemin de fer de ceinture avec l'Exposition à l'aide d'un embranchement Passy-Trocadéro.

Ce raccordement, qui offrirait l'avantage de doubler immédiatement les moyens de communication de la Ceinture avec l'Exposition, s'exécu-

terait partie en tunnel et partie à découvert, sans dépenses considérables. Sa longueur serait d'environ 1 kilomètre.

M. LE PRÉSIDENT. — Messieurs, j'essayerai de résumer très rapidement cette brillante discussion.

A la suite de l'exposé, si bien fait par M. Regnard, du remarquable rapport de l'honorable M. Pradon, vous avez entendu successivement MM. Boudenoot, Cerbelaud, Hauet, de Nordling, Deligny, Haag, Jules Garnier, Chardon, Moreau et Level, en dehors des lettres dont je viens de vous donner connaissance. Dans ces communications, qui toutes, vous ont intéressés, il a été présenté un certain nombre de suggestions. Vous avez entendu parler de systèmes nouveaux, par exemple d'un chemin de fer traversant par un viaduc métallique les îlots des maisons. Il y a eu des propositions relatives à l'organisation du service de l'octroi, à des innovations ingénieuses à apporter soit au tracé, soit à la traversée de la Seine, soit encore au système de construction ; mais, sur ces divers points, il serait difficile de dégager, vu la variété des avis exprimés, en l'absence de projets suffisamment étudiés, rien qui puisse ressembler à l'opinion de la Société des Ingénieurs Civils.

Faut-il, oui ou non, accepter, avec ou sans amendement, le projet de loi actuellement présenté à la Chambre? Voilà la question dont la solution s'impose en ce moment; c'est aussi celle qui a été le plus mûrement étudiée et le plus amplement débattue.

Sur ce point, je crois pouvoir dire que la solution qui a reçu votre approbation est négative.

Le projet que la Commission propose d'adopter pèche par un très grand nombre de points importants, qui ont été mis en relief avec succès, sans que la contradiction paraisse avoir ébranlé la vigueur des arguments produits.

On a montré que c'était se prévaloir d'un faux point d'appui que d'invoquer constamment l'expérience anglaise, pour proposer ici, dans des conditions bien plus difficiles, un réseau d'un développement souterrain considérable; que les Anglais ne s'étaient pas bien trouvés de ce système, qu'ils avaient dû l'amender et qu'ils en étaient même revenus.

On a prouvé que le chemin de fer proposé ne desservirait pas réellement, malgré toute prétention contraire, les communications de la Ville avec l'extérieur. On a montré qu'il était plutôt un chemin de fer urbain, et, que même à ce point de vue plus modeste, il était loin de donner satisfaction aux aspirations de la population parisienne, à cause des souterrains et à cause de la disposition périphérique qui prédomine.

On a établi que les prix du devis n'étaient pas suffisamment certains, qu'il fallait prévoir d'énormes excédents de dépenses.

On a mis en lumière les graves conséquences que présenteraient ces

excédents avec le système financier tout spécial préparé pour la concession, et les vices juridiques des combinaisons prévues pour l'administration de l'entreprise. Enfin on a fait ressortir les erreurs et les lacunes du cahier des charges.

Telles sont sommairement les grosses objections qui ont été faites au projet de loi.

Il nous reste à émettre le vœu que, pour cette entreprise colossale, qui touche à tant d'égards aux intérêts généraux, on veuille prendre en considération les opinions émises ici et éviter, pendant qu'il en est temps encore, une faute lourde qu'il serait difficile et coûteux de réparer plus tard.

Mais vous ne vous êtes pas arrêté à ce conseil négatif; il sera facile de dégager de vos délibérations d'utiles indications pour l'élaboration d'un meilleur projet.

Dans l'étude si complète et si clairement exposée que notre invité, M. Haag, a soumise à vos libres discussions, on trouvera la base d'un ensemble qui tout en répondant bien plus largement aux nécessités du transit général, pourrait résoudre aussi le problème de la circulation intérieure, et contribuerait puissamment à l'amélioration et à l'assainissement de la Capitale. Il serait donc à désirer que le Parlement, en repoussant le projet proposé, assurât les moyens d'étudier à fond un autre réseau métropolitain, d'en dresser les plans et d'en calculer les dépenses.

Mais de deux côtés divers, on nous a de plus représenté avec beaucoup de force qu'il y a certaines parties de la question qui sont urgentes et que le rejet du projet de loi, même avec mise à l'étude d'un meilleur projet, risquerait de produire le découragement et d'ajourner pour bien longtemps une solution qui s'impose. Des mesures transitoires ont été proposées.

Elles seraient peu coûteuses, d'une exécution rapide et d'une utilité certaine, même dans l'avenir.

Ces indications se recommandent à l'attention des pouvoirs publics.

Félicitons-nous, Messieurs, d'avoir montré par ces importants débats que la Société des Ingénieurs Civils sait toujours s'intéresser aux questions qui touchent à la prospérité du Pays et de la Capitale.

La séance est levée à onze heures.

NOTE

SUR LE

CHEMIN DE FER DE BAYONNE-ANGLET-BIARRITZ

PAR

MM. J. CARIMANTRAND & A. MALLET

Exposé.

Si l'on consulte les statistiques des chemins de fer d'intérêt local publiées chaque année par le Ministère des travaux publics, en prenant par exemple celles qui correspondent à l'exercice 1885, on constate que le produit brut kilométrique ressort en moyenne, pour les 44 lignes d'intérêt local inscrites dans les tableaux, et représentant un total de 1 800 kilomètres en nombre rond, à 5 489 francs.

Si l'on examine les choses d'un peu plus près et en détail, on trouve que le maximum est réalisé par le chemin de fer funiculaire de Lyon à Fourvières et Saint-Just, dont le produit brut kilométrique atteint l'énorme chiffre de 240 850 francs, mais dont la longueur n'est que d'un kilomètre, ou du moins comptée pour ce chiffre.

Vient ensuite un chemin de fer à traction à vapeur qui fournit le chiffre très respectable de 36 575 francs par kilomètre, pour une longueur de 8 kilomètres : c'est le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz. Après, le produit le plus élevé tombe à 16 546 francs pour les 28 kilomètres du chemin de fer de Caen à la mer.

La ligne de Bayonne-Anglet-Biarritz qui fait l'objet de cette note se distingue donc immédiatement de ses congénères par une recette brute kilométrique élevée, très comparable à celle de bien des lignes d'intérêt général ; mais elle se recommande également

par des caractères d'une autre nature, sur lesquels il nous a paru utile d'attirer l'attention au moment où on s'occupe activement d'établir sur les grands chemins de fer des services de trains légers ou trains-tramways.

Cependant, bien que le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz, ouvert le 2 juin 1877, compte aujourd'hui dix années de fonctionnement, il semble que ses conditions d'établissement et d'exploitation ne soient pas suffisamment connues, même dans les milieux les plus compétents, si nous en jugeons par ce qui s'est passé récemment dans le sein de la Société des Ingénieurs Civils.

Dans la séance du 4 mars dernier, au cours de la discussion qui a suivi l'intéressante communication de M. Cossmann sur le service des trains-tramways organisé par la Compagnie du chemin de fer du Nord, l'un de nous fit observer qu'il eût été juste d'ajouter à la série des lignes énumérées comme parcourues par des trains du genre de ceux qu'on désigne par l'expression de trains-tramways ou trains légers, et tels qu'ils sont définis dans la communication de M. Cossmann, la ligne de Bayonne-Anglet-Biarritz. L'auteur de la communication répondit qu'il n'ignorait pas cette application, dont il était fait mention dans son mémoire, mais qu'il avait omis de citer verbalement.

Nous déclarons que nous avons été très surpris de constater à la lecture du mémoire que la mention annoncée se bornait à deux lignes ajoutées en note au bas de la page 422 du bulletin de mars, et ainsi conçues : « Nous ne citons que pour mémoire les trains de Bayonne à Biarritz qui étaient en service il y a près de quinze ans. »

Nous ne relèverons pas le caractère légèrement dédaigneux de cette rédaction, lequel a certainement échappé à l'attention de notre collègue ; nous nous bornerons à trouver cette mention insuffisante pour un chemin de fer qui a, en réalité, précédé tous ceux qui sont énumérés *au texte même* dans le mémoire de M. Cossmann, et nous insisterons sur le caractère ambigu de la rédaction qui prête à une confusion fâcheuse. En effet, si on considère que le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz n'a encore que dix années d'existence, on peut supposer et en fait on a supposé que *les trains entre Bayonne et Biarritz, qui existaient il y a quinze ans*, d'après M. Cossmann, avaient dû être organisés

à titre d'expérience probablement (autrement il eût fallu mettre *qui existent depuis quinze ans)* par le chemin de fer du Midi qui possède, comme on sait, deux stations portant les noms de Bayonne et de Biarritz. Or il n'y a jamais eu rien de semblable.

Pour rétablir la véritable situation des choses et pour faire connaître une ligne française fonctionnant dans des conditions particulières et sur laquelle il n'a pour ainsi dire été rien publié jusqu'à ce jour, il nous a paru opportun de rédiger la petite note qui va suivre :

Concession.

Le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz a été concédé par le Conseil général des Basses-Pyrénées à notre collègue M. Ardoin, en date du 18 avril 1874, et décrété d'utilité publique en date du 19 juin 1875, comme chemin de fer d'intérêt local, suivant les dispositions de la loi du 12 juillet 1865 et conformément aux conditions de la convention passée le 30 juin 1875 entre le préfet des Basses-Pyrénées et M. Ardoin et du cahier des charges annexé à cette convention.

Cette concession a eu lieu sans subvention ni garantie d'intérêt.

Le cahier des charges, daté du 15 septembre 1874, est, ainsi qu'il est indiqué en note, entièrement identique au cahier des charges du chemin de fer d'intérêt local d'Orléans à la limite du département d'Eure-et-Loir, inséré dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1872, page 34, lequel cahier des charges paraît avoir servi de type pour toutes les concessions ultérieures du même genre.

Le cahier des charges du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz, qu'on trouvera reproduit dans les *Annales des Ponts et Chaussées* de 1876, pages 1310 et suivantes, contient diverses dispositions spéciales sur lesquelles nous croyons utile d'appeler l'attention.

Nous signalons entre autres points les suivants :

ART. 7. — La largeur de la voie entre les bords intérieurs des rails devra être de 1,44 *m* à 1,45 *m*.

Néanmoins, le concessionnaire se réserve la faculté de réduire cette largeur à 1 mètre au minimum.

La largeur définitive sera fixée par l'administration sur la proposition du concessionnaire ; mais ce dernier sera tenu d'établir le profil en travers de la plate-forme et des ouvrages d'art de façon à pouvoir établir une voie ayant 1,44 *m* d'écartement entre les rails, avec un accotement extérieur de 0,75 *m* de chaque côté.

ART. 9. — De simples haltes ou arrêts pourront être établis aux points où cela paraîtra utile, sur l'autorisation préfectorale seulement.

ART. 21. — Des bureaux d'attente et de contrôle pourront être autorisés sur la voie publique, sur le vu des plans détaillés présentés au préfet.

ART. 31. — Le concessionnaire est autorisé à établir pour le service d'été des voitures découvertes sur un modèle qui devra, au préalable, être accepté par l'administration départementale ; il est autorisé, en outre, à établir des impériales couvertes et découvertes, des voitures à circulation longitudinale semblables à celles usitées en Suisse, en Amérique et des voitures-salons.

ART. 32. — Des règlements arrêtés par le préfet, après que la Compagnie aura été entendue, détermineront les mesures et les dispositions nécessaires pour assurer la police et l'exploitation du chemin de fer, ainsi que la conservation des ouvrages qui en dépendent.

ART. 33. — Toutefois les mesures de contrôle et de surveillance seront adoucies autant que possible, de manière à faire jouir l'exploitation de toutes les libertés et facilités compatibles avec la sécurité publique.

ART. 41. — ..... La Compagnie aura la faculté de faire délivrer des billets de voyageurs par les conducteurs de trains en mouvement, sous la réserve d'appliquer le mode de contrôle qui lui paraitra le plus avantageux.

Tracé.

Le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz répondait à un besoin des plus sérieux. Biarritz, localité de peu d'importance

par sa population fixe, ancien port de pêcheurs, avait pris par suite du séjour de la Cour impériale une importance qui l'avait placé au premier rang des stations balnéaires à la mode et même, jusqu'à un certain point, des stations hivernales. Son heureuse position géographique sur la route d'Espagne la plus fréquentée, de même que sa configuration topographique expliquent en grande partie son succès extraordinaire. Les relations de Biarritz avec Bayonne, sous-préfecture et port de mer de 20 000 habitants, n'étaient opérées que par des voitures publiques ou particulières, les premières naturellement très peu confortables, parcourant une route longue, poudreuse et accidentée, et par le chemin de fer du Midi dont les trains, peu fréquents, déposaient à la station de la Négresse, à trois kilomètres de Biarritz, les voyageurs obligés de prendre encore des omnibus ou des voitures pour se rendre à leur destination.

Il y avait donc utilité à réunir les deux villes par un moyen de transport rapide, direct et économique, et l'expérience a prouvé qu'on avait eu raison d'adopter la solution radicale d'un chemin de fer indépendant, non soumis aux sujétions du contact avec la circulation ordinaire et capable de transporter rapidement les masses de voyageurs qne des circonstances, telles que les jours de fête, les spectacles ou les heures de marées, peuvent faire accumuler dans des limites de temps très restreintes.

Le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz a été établi à la voie normale, bien que, comme on l'a vu plus haut, le cahier des charges autorisât la construction à l'écartement de 1 mètre, à la condition, toutefois, d'établir le profil en travers de la plate-forme et des ouvrages d'art pour la voie de 1,44 *m.*

Une des raisons déterminantes en faveur de la voie normale a été l'éventualité du raccordement avec la ligne du Midi à la Négresse, raccordement prévu dans la concession mais qui n'a pas été exécuté jusqu'ici. Une autre considération qui a joué un très grand rôle a été l'adoption d'un matériel spécial de voitures à deux étages qu'il eût été impossible d'établir avec la voie de 1 mètre et dont l'influence sur le succès financier du chemin de fer a été incontestable. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous examinerons en détail le matériel roulant.

La ligne part à Bayonne des allées Paulmy, que l'ouverture

d'un passage pour piétons, à travers les fortifications, met en communication directe avec le centre de la ville en permettant d'éviter le détour par le bord de la rivière. Le rail est au point de départ à l'altitude de 1,85 *m*.

Le tracé, après avoir suivi parallèlement le cours de l'Adour pendant un kilomètre environ, s'en écarte brusquement, presque à angle droit pour se diriger sur les Cinq-Cantons d'Anglet où est établi, à l'altitude de 49,80 *m*, la station intermédiaire d'Anglet à 4 300 mètres du point de départ. Le tracé descend ensuite sur Biarritz où il atteint son terminus à l'entrée de la ville à l'altitude de 41 mètres. La longueur de la ligne d'axe en axe des stations extrêmes est de 7 624 mètres.

Voici la répartition des inclinaisons successives sur le parcours en partant de Bayonne.

Départ de Bayonne.	palier.	sur	200	mètres.
— — .	pente de 8.7. .	»	400	—
— — .	palier.	»	200	—
— — .	rampe de 6 . .	»	200	—
— — .	palier.	»	300	—
— — .	rampe de 5 . .	»	400	—
— — .	rampe de 15. .	»	1.200	—
— — .	rampe de 4.3 .	»	200	—
— — .	rampe de 15. .	»	1.108	—
Station d'Anglet . .	palier.	»	150	—
— — . .	rampe de 12.5.	»	762	—
— — . .	palier.	»	115	—
— — . .	pente de 6.8. .	»	865	—
— — . .	palier.	»	100	—
— — . .	rampe de 8.3 .	»	600	—
— — . .	palier.	»	100	—
— — . .	pente de 4.5. .	»	600	—
Arrivée à Biarritz .	palier.	»	124	—
			7.624	mètres.

On voit que les inclinaisons supérieures à 5 millièmes représentent 75 0/0 et les inclinaisons de 14 millièmes et au-dessus 38 0/0 de la longueur totale.

Dans le tracé en plan, on rencontre 10 courbes dont les rayons varient de 300 à 600 mètres, et dont le développement total représente 42 0/0 du parcours. La plus longue de ces courbes a 509 mètres de développement avec un rayon de 400 mètres, et se trouve presque entièrement sur une inclinaison de 14,5 millièmes. On trouve également des courbes de 400 et 450 mètres de rayon combinées avec des inclinaisons de 15 millièmes.

Construction.

La construction du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz n'a pas donné lieu à des travaux d'art importants ; on n'y rencontre que 3 ponts métalliques de faible longueur : l'un de 5,90 *m* et l'autre de 8,40 *m* sur de petits canaux au départ de Bayonne ; et le troisième de 13 mètres de portée sur la route nationale n° 10.

Ce dernier sur lequel seul il peut être intéressant de dire quelques mots, est constitué par deux poutres pleines de 0,900 *m* de hauteur, écartées de 3 mètres d'axe en axe, et reliées par des pièces de pont de 0.350 *m* de hauteur, écartées les unes des autres de 1,600 *m*. Les rails sont supportés, par l'intermédiaire de longrines en bois, par des longerons en fer de 0,160 *m* de hauteur formés d'une âme en tôle de 0,006 *m* et de 4 cornières de 60×80. A l'extérieur des poutres principales sont des consoles en tôle et cornières de 0,875 *m* de longueur supportant un trottoir en bois bordé par un garde-corps formé de montants en fer et de lisses en fer rond ; la largeur totale du pont d'axe en axe des garde-corps est de 4,55 *m*.

Tous ces ponts avaient été calculés pour travailler à 6 kilogrammes au maximum, dans l'hypothèse d'une charge de 7 500 kilogrammes par essieu de locomotive. Lorsqu'un an après l'ouverture de la ligne à l'exploitation, on fut amené à commander deux machines plus puissantes que les premières, l'administration, en présence de la charge plus forte que devaient porter les roues de ces machines, exigea que les poutres fussent consolidées pour que le coefficient de travail du fer continuât à ne pas dépasser 6 kilogrammes par millimètre carré. Heureusement tous ces ponts avaient des planchers en bois recouverts de ballast ; ce ballast

représentait de 450 à 500 kilogrammes par mètre courant ; de sorte que la suppression d'une partie du ballast sur le pont de 13 mètres permit de conserver le coefficient de travail demandé par l'administration. Pour les deux petits ponts, on établit des consoles sur les culées pour réduire la portée de la poutre.

Il y a aussi un pont en arc en maçonnerie de 9,080 *m* de portée, destiné au passage d'un chemin d'exploitation au-dessus de la tranchée de Sansco. Ajoutons un certain nombre d'aqueducs et de buses, et 15 passages à niveau, dont 2 seulement avec maison de garde et barrières.

Les terrassements sont assez importants ; ils représentent un cube de 150 000 mètres cubes en déblai en nombre rond, dont 58 000 mètres cubes pour une seule tranchée, celle de Sansco, qui a 800 mètres de longueur et une profondeur maxima de 7,30 *m*; cette tranchée a exigé en outre des murs de soutènement qui ont employé un millier de mètres cubes de maçonnerie.

Les trois stations de Bayonne, Anglet et Biarritz ont des installations complètes avec salles d'attente, bureaux du chef de gare, dispositions pour l'enregistrement des bagages, etc. ; les stations de Bayonne et de Biarritz comportent en outre des buffets-restaurants très largement installés. Il y a à Biarritz une remise à voitures, une à machines, un petit atelier de réparations, un quai à charbon, deux fosses à piquer le feu et des grues d'alimentation. Deux réservoirs d'eau sont établis à Sansco. Il y a une remise de voitures à Bayonne.

Voie.

La voie est composée de rails Vignole en acier pesant 22 1/2 kilogrammes le mètre courant, dont la longueur normale est de 8 mètres. Les figures 1 à 4 en représentent la disposition.

Ces rails sont posés sur des traverses en bois de pin non préparé, écartées de 0,775 *m* et 0,600 *m* près des joints, de telle sorte qu'il y ait 11 traverses par rail. Les joints se font sur traverses et sont chevauchés de 0,600 *m* d'un rail à l'autre, comme on le voit sur la figure 4. Les joints sont éclissés et il y a des selles par l'intermédiaire desquelles les bouts du rail portent sur la tra-

Coupe transversale

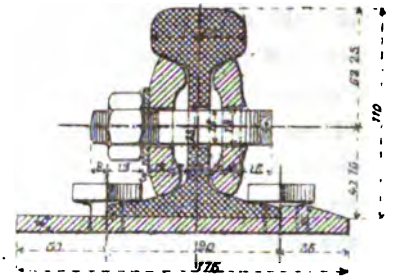


Fig. 1.

Elévation

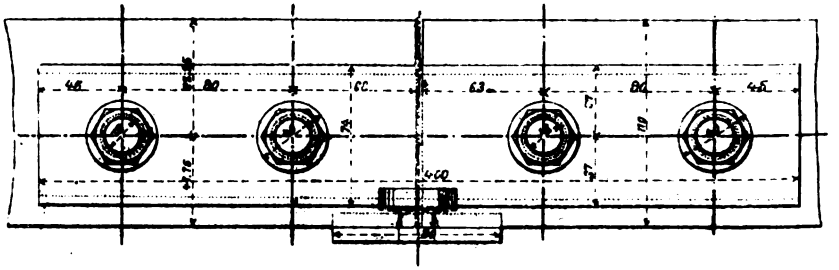


Fig. 2.

Plan

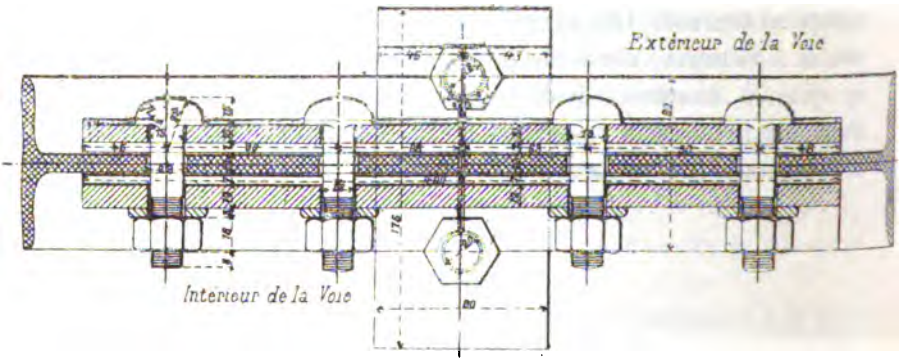


Fig. 3.

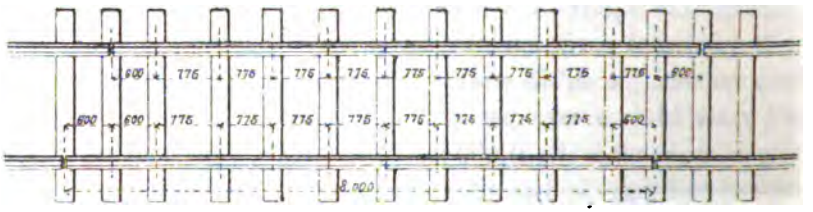


Fig. 4.

verse. La fixation des rails sur les traverses s'opère par des tirefonds. Les bouts des rails sont entaillés en quart de cercle et les tirefonds qui traversent les trous des selles de joint servent, au moyen de ces entailles, d'arrêt pour prévenir le déplacement longitudinal des rails (voir fig. 3). Des plaques de feutre goudronné sont interposées entre les rails et les traverses.

Voici les éléments des rails, joints et attaches :

Section du rail.	0,002872 m^2
Poids du mètre courant.	22,500 kg
— du rail de 8 mètres.	180,000 kg
— — 7^m950.	178,875 kg
Moment d'inertie du rail	0.00000476
Poids de l'éclisse cannelée	2,690 kg
— lisse	2,820 kg
Poids de la selle de joint.	1,050 kg
— du boulon d'éclisse	0,308 kg
— du tirefond	0,288 kg

Voici quelques détails relatifs à la pose de la voie :

Les rails sont posés avec une inclinaison de 1/20 vers l'intérieur, inclinaison obtenue par le sabotage de la traverse ;

L'écartement normal de 1,450 m entre les champignons des rails est porté à 1,460 m dans les courbes de 250 à 450 mètres de rayon ;

Le surhaussement du rail extérieur dans les courbes est obtenu par la relation $0{,}03 \times \frac{1000}{R}$, soit $\frac{30}{R}$, R étant le rayon de la courbe et 30 millimètres le relèvement correspondant à un rayon de 1000 mètres. Le raccordement est fait par une portion de parabole.

Nous croyons devoir compléter ces renseignements par le cahier des charges pour la fourniture des rails confiée à l'usine du Creusot, cahier des charges qu'on trouvera aux annexes.

Ajoutons que les changements, les croisements de voie et les deux plaques de 4 mètres de diamètre placées aux deux extrémités pour tourner les machines sont du modèle du chemin de fer du Midi.

Matériel roulant.

Voitures.

Comme il a été dit plus haut, on a adopté un matériel de transport à grande capacité, et ce genre de considération n'a pas été étranger à l'adoption de la voie normale. L'absence de passage supérieur autre que le pont de Sansco qui est à une grande hauteur permettait de ne pas être gêné pour l'élevation à donner aux voitures, de sorte que le matériel à impériale était tout indiqué.

Nous décrirons deux types de voitures, l'une de troisième classe, l'autre mixte avec compartiment à bagages, pouvant à elle seule former un train complet, ce qui est utile dans certains jours d'hiver où la circulation est relativement faible.

Les figures 3 à 6, planche 145, représentent la voiture de 3e classe, et les figures 7 à 9 de la même planche la voiture mixte; nous renverrons pour les détails des arrangements intérieurs au cahier des charges dressé pour la fourniture de ces voitures, qu'on trouvera aux annexes, en nous contentant d'appeler l'attention sur la disposition de l'escalier intérieur et des plates-formes.

Ces voitures ont 9,25 *m* de longueur hors tampons, et 3 mètres de largeur ; les roues ont 0,900 *m* de diamètre, et les essieux sont écartés de 3,750 *m*.

Voici un tableau de la répartition des places dans les trois types : mixte, mixte avec fourgon et 3e classe seule.

TYPES			I	II	III	TOTAL
Mixte	Bas.	Intérieur	17	11	»	73
		Plates-formes	»	18	»	
		Impériale	»	»	27	
Mixte avec fourgon.	Bas.	Intérieur	»	21	»	66
		Plates-formes	»	18	»	
		Impériale	»	»	27	
3e Classe	Bas.	Intérieur	»	»	45	92
		Plates-formes	»	»	20	
		Impériale	»	»	27	

Nous ferons observer ici que cette répartition est celle qui a été adoptée à l'origine ; depuis quelques années, la Compagnie a obtenu de l'autorité préfectorale de réduire le nombre des classes à deux, 1re et 2e; on a donc réuni les 2es et les 3es sous le même nom, et avec le prix des 3es classes.

La voiture de 3e classe pèse environ 9 000 kilogrammes à vide ; on voit que le poids mort correspondant à un voyageur est d'un peu moins de 100 kilogrammes, soit un chiffre extrêmement modéré pour des voitures de chemins de fer devant circuler à des vitesses assez considérables.

On n'a pas cherché, pour des parcours aussi réduits, à utiliser l'intercommunication, mais elle est on ne peut plus facile à réaliser et la disposition du matériel s'y prête sans difficulté. Il n'y aurait qu'à percer une porte dans la cloison du compartiment de 1re classe des voitures mixtes pour permettre de passer d'un bout à l'autre du train. En réalité, l'intercommunication existe dans les trains formés de plusieurs voitures de 3e classe.

Ce matériel est très apprécié du public ; on a pu s'en rendre compte lors de l'ouverture de la ligne ; à cette époque on avait dû, faute d'un nombre suffisant de voitures du type ci-dessus, louer à la Compagnie du Midi quelques voitures de 3e classe du modèle ordinaire. Ces véhicules étaient peu recherchés et les voyageurs n'y entraient que dans l'impossibilité de trouver place ailleurs.

Locomotives.

Les locomotives, au nombre de cinq, appartiennent à deux types différents. On avait d'abord fait construire trois locomotives légères à deux essieux couplés, qui ont fait la traction dès l'ouverture de la ligne. Le trafic ayant été, même à l'origine, beaucoup plus considérable qu'on ne l'avait prévu, on a fait établir ensuite un type de machines analogue, mais plus puissant, avec les trois essieux accouplés. Ces machines servent notamment les dimanches et les jours de fête où on est obligé de faire des trains plus lourds.

Toutes ces locomotives fonctionnent dans le système Compound ; ce sont, comme on sait, les premières locomotives auxquelles ce système ait été appliqué (1), et les excellents résultats qu'elles ont

(1) Tout récemment et depuis qu'on a appliqué en Angleterre le système des machines de Biarritz, en le baptisant, bien entendu, d'un nom anglais, nos voisins n'ont pas

toujours donnés ont été la cause déterminante de l'extension considérable que ce système est en voie de prendre, surtout, il faut bien le dire, à l'étranger.

On nous permettra d'entrer ici dans quelques considérations relativement à ces machines. Elles ont été établies pour fonctionner dans le système mixte, c'est-à-dire à volonté comme machines compound ou comme machines ordinaires et, à vrai dire, le but que l'on se proposait en adoptant cette disposition était beaucoup moins l'économie de combustible à réaliser que la possibilité de faire varier d'une manière considérable la puissance de la machine sans tomber dans des conditions défavorables. La résistance des trains devant varier considérablement selon le profil accidenté de la ligne et la composition très différente de ces trains d'une saison à l'autre, d'un jour à l'autre, ou même d'une heure de la journée à une autre, on trouvait dans le système mixte une solution de la question. L'expérience a prouvé que l'idée était juste et sur cet avantage s'est greffée une économie très importante de combustible, économie qui à elle seule fait rechercher aujourd'hui le système compound.

Nous avons toujours, même dans des conditions d'exploitation toutes différentes, persisté dans l'emploi du système mixte qui présente des avantages très importants; même ne dût-on jamais employer le fonctionnement direct en dehors du démarrage, nous considérons comme à peu près indispensable qu'une locomotive compound soit disposée pour fonctionner au besoin comme locomotive ordinaire. Ce mode de fonctionnement est utile pour assurer un démarrage franc et rapide et pour donner toute la sécurité nécessaire dans le service. Il permet à la machine de marcher avec un seul cylindre en cas d'avarie à l'autre ou à son mécanisme, et il permet surtout de ne pas rester en détresse au cas où, par une circonstance quelconque, la pression viendrait à

manqué de trouver que les premières locomotives Compound *devaient* avoir été faites chez eux; aussi ont-ils imaginé de transformer en application du système Compound les essais faits par Nicholson, en 1852, du système dit à expansion continue.

Nous avions pris les devants et démontré, dès 1877 (Voir *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1877, p. 960, et *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 1879, p. 331), qu'il n'y a qu'un rapport très lointain entre les deux systèmes. Le système à expansion continue, qui n'a eu que de rares applications pour machines marines et est complètement abandonné depuis longtemps, ne possède ni le caractères distinctifs, ni les avantages du système Compound. Il n'y a que l'amour-propre britannique qui ait pu établir une confusion de ce genre, et cette revendication tardive et imaginée pour les besoins de la cause n'empêche pas les gens de bonne foi de tous les pays de reconnaître que les premières locomotives Compound ont été faites en France.

tomber à la chaudière assez bas pour que le fonctionnement compound devînt impossible. L'expérience a montré cet avantage d'une manière frappante le 8 janvier 1879, sur une des machines du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, en expérience sur le chemin de fer du Nord. Cette machine remorquait le train 205 entre Paris et Dammartin par une tempête de neige qui interrompit la circulation sur plusieurs chemins de fer aux environs de Paris. En route, le mécanicien ayant laissé éteindre son feu, la pression était tombée aux environs de 4 kilogrammes; on dut, d'après le rapport de M. Rabeuf, inspecteur de la traction au chemin de fer du Nord, envoyer la vapeur dans les deux cylindres, ce qui permit de gagner la station de Mitry où on put refaire du feu et de l'eau et repartir dans des conditions normales pour achever le parcours sans encombre. Il est certain que, dans ces cir constances, une locomotive compound ordinaire fût restée en détresse et eût pu, vu les circonstances, être la cause d'un grave accident.

On a souvent émis la crainte que la possibilité d'employer le fonctionnement direct ne conduisît les mécaniciens à en abuser et à fatiguer les machines ou à augmenter la consommation de combustible. Il est facile de répondre à cette objection, et la meilleure réponse paraît être empruntée aux résultats d'expérience. On a, sur les lignes qui se servent des machines à fonctionnement mixte, obtenu des économies tout aussi grandes qu'avec les machines compound simples. Il suffit de rappeler les résultats obtenus par notre collègue M. Borodine dont toutes les machines compound sont à fonctionnement mixte, bien qu'on n'emploie normalement le fonctionnement direct qu'au démarrage.

Nous donnons ci-joint un tableau des principales dimensions des deux types de locomotives du chemin de fer de Bayonne à Biarritz, dont la figure 1, planche 145, représente le premier, et la figure 2 le second.

	TYPE N° 1	TYPE N° 2
Nombre de machines	3	2
Année de la construction	1876	1878
Constructeurs	Schneider et Cie	Atel. de Passy
Surface de grille	1.00	1.40
— de chauffe directe	4.60	5.70
— — tubulaire	40.50	51.00
— — totale	45.10	56.70
Timbre de la chaudière	10 kilog.	10 kilog.
Nombre des tubes	125	130
Diamètre extérieur des tubes	45 m/m	45 m/0
Longueur entre plaques tubulaires	2.400	2.900
Diamètre des cylindres	0,240—0,400	0,280—0,420
Course des pistons	0,450	0,550
Entre-axe des cylindres	1,910	1.950
Rapport des volumes des cylindres	2.78	2.25
Nombre de roues accouplées	4	6
Diamètre des roues accouplées	1.200	1.200
Diamètre des roues de support	0,900	»
Ecartement des essieux extrêmes	2.700	2.700
Longueur de la machine hors tampons	6.400	7.520
Capacité des caisses à eau	1.800	2.500
Poids de la machine vide	15.500	20.500
Poids moyen en service	19.600	24.500
Poids moyen adhérent	15.400	24.500

En dehors des dimensions et du nombre différent d'essieux accouplés, les deux types diffèrent en ce qu'on a introduit dans le second quelques modifications dont la pratique avait fait reconnaitre l'utilité.

Ces modifications sont au nombre de deux.

La première consiste dans l'emploi d'un réducteur automatique de pression ou détendeur (1) qui modère la pression directe de la vapeur sur le grand piston lors de la marche avec fonctionnement ordinaire, de façon que ce piston n'ait pas à subir la pression totale de la chaudière, mais seulement la moitié environ. Dans le premier type on obtenait cette réduction par un étranglement dans le passage qui amenait la vapeur au grand cylindre lors de la marche directe, et quoique cette dernière disposition ait toujours bien fonctionné sur les trois premières locomotives, elle devenait insuffisante pour des machines plus fortes et on lui a, sur les nouvelles locomotives, substitué l'emploi d'un détendeur.

L'autre modification consiste dans l'emploi d'une disposition permettant de varier à volonté la durée de l'admission de la vapeur

(1) Ce détendeur est visible au-dessus du tiroir de démarrage sur la figure 2 planche 145.

aux deux cylindres lors de la marche Compound. Cette faculté n'existait pas sur les premières machines, où le rapport considérable des volumes des deux cylindres la rendait inutile. Il y a lieu d'y recourir dès que le rapport des volumes se rapproche de 2. Nous n'insisterons pas sur ce point que l'un de nous a développé dans la séance du 6 août 1886, à la suite de la communication de M. Borodine, et nous renverrons à ce sujet à ces observations et au mémoire de notre collègue, inséré dans le Bulletin de septembre 1886.

Nous donnons les consommations de combustible au paragraphe suivant, avec les résultats d'exploitation de la ligne.

Exploitation.

L'exploitation ne présente rien de particulier ; la faible longueur du parcours la rend des plus simples. Dans la partie de la journée où il n'y a qu'un train par heure dans chaque sens, c'est-à-dire le matin et le soir après 6 ou 7 heures, le service se fait en navette avec un même train, puisque le parcours n'exige que 14 minutes. Aux heures où il y a deux trains par heure dans chaque sens, les trains partent simultanément des extrémités et se croisent à la station intermédiaire d'Anglet. Si on tient compte de la perte de temps à ce croisement, parce que le premier train arrivé est obligé d'attendre l'autre, on voit que la durée de marche est de 12 à 13 minutes, ce qui donne une vitesse moyenne de 35 à 40 kilomètres.

La distribution des billets se fait aux stations ; on n'a trouvé aucun avantage à profiter de la faculté accordée par l'article 41 de la concession, de les faire distribuer en route par les conducteurs des trains.

Il en a été de même pour les haltes, que l'article 9 de la concession permettait d'établir à des points intermédiaires ; l'essai qu'on en a fait n'a pas donné de résultats de nature à en faire reconnaître l'utilité.

La composition des trains est, comme on l'a vu plus haut, très variable ; en hiver à certaines heures, il n'y a qu'une voiture

mixte ; au contraire, en été on a constamment quatre voitures et même cinq ou six à certains trains.

Le prix des places est de 0,75 *f* pour les premières et de 0,45 *f* pour les secondes, trajet simple. Il y a des billets d'abonnements ; et de plus on a établi depuis quelque temps, le matin et le soir, des trains d'ouvriers à prix reduits.

Résultats d'exploitation.

Pendant l'exercice 1885, les recettes brutes se sont élevées à 297 553 francs, soit 37 194 francs par kilomètre de ligne. Ce total présente une diminution de 12 206 francs par rapport à l'année 1884. diminution attribuée à l'épidémie cholérique en Espagne, qui a détourné de Biarritz un certain nombre d'étrangers.

Les dépenses totales se sont élevées à 143 579 francs, soit 19 947 francs par kilomètre de ligne. Le rapport des dépenses aux recettes brutes se trouve ainsi de 48,25 0/0.

Le nombre total des voyageurs transportés s'élève à 724 235, dont 35 535 seulement de 1re classe, ce qui représente moins de *cinq pour cent.*

Ces voyageurs ont été transportés dans 14 956 trains ayant parcouru 119 648 kilomètres ; c'est une moyenne de 49 voyageurs par train, et de 41 trains par jour.

Le plus grand nombre de trains par jour a été de 54, le plus petit de 32 ; le plus grand nombre de voyageurs par jour a été de 7 545 (en 1884, ce chiffre s'était élevé à 12 992), et le plus petit de 590.

Le nombre de places offertes ayant été de 2 652 642, et le nombre des voyageurs seulement de 724 235, soit par train moyen 177 et 49; il en résulte qu'il n'a été occupé que 27 0/0 du nombre des places offertes.

La consommation totale de combustible a été de 505 495 kilogrammes, ce qui donne une moyenne de 4,20 *kg* par kilomètre.

C'est du charbon de Cardiff qui est revenu en moyenne pour cette année à 24,60 *f* les 1 000 kilogrammes. En réalité, la consommation des locomotives est un peu moindre, parce que le chiffre ci-dessus comprend également la dépense de la locomobile de

l'atelier de réparation et quelques petites consommations accessoires. Comme on le verra ci-dessous, la consommation moyenne kilométrique des sept années, de 1877 à 1884, est seulement de 4,03 *kg*.

Les recettes brutes s'élèvent à 2,42 *f* par kilomètre parcouru et les dépenses à 1,203 *f*; ces dépenses se répartissent comme suit :

Impôts	5 901,10 *f*,	soit par kilom.	0,045 *f*
Exploitation	54 493,56	—	0,458
Voie	12 712,60	—	0,105
Matériel et Traction	53 739,12	—	0,455
Divers	6 111,77	—	0,047
Administration	10 621,65	—	0,083
TOTAL	143 579,80 *f*	—	1,203 *f*

Le détail des dépenses relatives à la traction s'établit de la manière suivante, rapporté au kilomètre de train :

Mécaniciens et chauffeurs	0,083 *f*
Combustible	0,104
Entretien des machines	0,161
— des voitures	0,094
Fournitures diverses	0,013
TOTAL	0,455 *f*

Ces chiffres sont assurément très modérés, surtout si on tient compte de ce que les machines, dont trois ont 10 ans de service et les deux autres 8 et 9 ans, sont toutes plus ou moins dans la période des réparations importantes des foyers et des chaudières.

La moyenne de parcours kilométrique de ces machines, était au 2 juin 1887, de 240 000 kilomètres pour chacune ; mais si l'on tient compte de la date de l'entrée en service des machines du 2e type et du service plus actif qu'ont fait les premières, on peut bien admettre que celles-ci n'étaient pas loin, à la date ci-dessus, d'avoir parcouru 300 000 kilomètres chacune.

Il est facile de voir, d'après les statistiques des chemins de fer, que le chiffre de 0,161 *f* pour les dépenses d'entretien

par kilomètre de train n'a rien d'exagéré, surtout si l'on considère que ce genre de dépenses doit être relativement plus élevé pour une très petite ligne de chemin de fer où on n'a pas les ressources que présentent les ateliers des grandes Compagnies.

Nous croyons intéressant, comme complément de renseignements, de donner divers chiffres relatifs à la moyenne des sept années écoulées de 1877 à 1884 de l'exploitation du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz. On pourra juger de la régularité des résultats obtenus.

Eléments et dépenses de traction (moyenne des 7 années 1878 à 1884) :

Parcours total du 1er janvier 1878 au 31 décembre 1884.	842.331 kilom.
Parcours moyen annuel	120.333
Parcours annuel de chaque machine	27.170
Nombre moyen de voyageurs par train	42,1
— de places offertes par train	192
Rapport	0,22
Consommation moyenne de combustible par kilomètre.	4,03 *kg*
Prix moyen de la tonne de combustible	26,15 *f*
Dépense moyenne de combustible par kilomètre	0,105
— de conduite par kilomètre	0,076
— pour entretien et réparation des machines	0,132
Dépenses totales de traction par kilomètre	0,412
— — et par voyageur transporté	0,0098
Dépenses totales de traction par kilomètre et par place offerte	0,00215
Charbon par kilomètre et par voyageur transporté	0,0096 *kg*
— — et par place offerte	0,0021
— — et par tonne de poids brut moyen de train (52 tonnes)	0,078
— — et par tonne de poids net moyen (31 tonnes)	0,130
Recette moyenne correspondant à la consommation de 1 kilog. de charbon.	0,627 *f*
— — à la dépense de 1 fr. de charbon	2,407
Rapport moyen des dépenses de traction aux recettes brutes	0,161

Les dépenses de premier établissement se montent à 1 830 000

francs en nombre rond, soit 228 500 francs par kilomètre répartis comme suit :

Terrains etc . . .	664 000 *f*	soit	830 00 *f*	par kilom.
Travaux	443 000	—	55 375	—
Stations et mobilier	122 000	—	15 250	—
Voie.	221 000	—	27 625	—
Matériel roulant. .	315 000	—	39 375	—
Buffets et omnibus	65 000	—	81 25	—
TOTAL . . .	1 830 000	—	228 850	—

Ces dépenses d'établissement ont été couvertes au moyen d'un capital-actions de 1 000 000 de francs et d'une émission d'obligations de 800 000 francs.

On voit que les recettes brutes de 300 000 francs en nombre rond, laissant, avec un coefficient d'exploitation de 50 0/0 au plus, un produit net de 150 000 francs, donnent, après un prélèvement de 50 000 à 60 000 francs pour le service annuel des obligations, de 90 000 à 100 000 francs, chiffre très large pour l'établissement de réserves et pour la rémunération d'un capital-actions d'un million.

Conclusions.

On voit par ce qui précède que le chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz a été exploité depuis l'origine, c'est-à-dire depuis 1877, au moyen de trains légers réalisant les simplifications qu'on a cherché à introduire récemment sur les grandes lignes de chemin de fer et qui ont fait l'objet des communications de nos collègues MM. Cossmann et Cerbelaud.

Il nous semble donc difficile d'admettre, avec le premier, que le décret du 20 mai 1880 contenant une dérogation partielle à l'ordonnance de 1846 ait été le germe de l'introduction des trains-tramways en France (voir Bulletin de mars, p. 416).

Il y a évidemment ici un malentendu. Lorsque M. Cossmann dit que « il y a quelques années, les règlements qui régissaient l'exploitation des chemins de fer étaient exclusivement contenus dans l'ordonnance du 15 novembre 1846, sur la police, la

sûreté et l'exploitation des chemins de fer », il a oublié de dire des *grands* chemins de fer.

Le décret de 1880 ne concerne absolument que ces derniers, et l'ordonnance du 15 novembre 1846 que, ajoute notre collègue, « on peut considérer comme un modèle auquel il n'y a, même actuellement, que bien peu de choses à modifier pour tenir compte des besoins nouveaux qui ont pu se manifester depuis 40 ans » ne s'applique point, au moins d'une manière rigoureuse et absolue, aux chemins de fer d'intérêt local établis sous le régime de la loi du 12 juillet 1865 ; en effet, tandis qu'il faut un décret pour introduire, pour les chemins de fer d'intérêt général, une dérogation à l'ordonnance de 1846, les préfets peuvent introduire toutes les dérogations possibles à cette ordonnance en ce qui concerne les chemins de fer d'intérêt local, et même la remplacer par des règlements d'exploitation, comme il est dit notamment dans l'article 32 du cahier des charges du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz (voir plus haut, p. 879).

Cette question n'est pas nouvelle pour la Société des Ingénieurs Civils. Il nous suffira de renvoyer aux observations sur la loi du 12 juillet 1865 présentées en 1870 par notre collègue, M. Jules Morandière et desquelles nous croyons devoir citer le passage suivant:

« Rien n'est indiqué dans la loi des chemins de fer d'intérêt local relativement à l'exploitation. La loi du 15 juillet 1845 est une loi, à proprement parler, de voirie, qui n'en dit pas un mot, et c'est l'ordonnance du 15 novembre 1846 qui régit principalement cette matière pour les *grandes* lignes de chemins de fer.

» L'instruction ministérielle du 12 août 1865 accompagnant l'envoi de la loi est muette sur ce sujet. Le rapport de M. le comte Le Hon semblait annoncer un règlement spécial d'administration publique, mais il était difficile de le faire. En effet, les conditions devant varier suivant le caractère propre de chaque concession, on ne pouvait composer d'avance une sorte de cahier des charges-type. Quant à la question de l'exploitation, réglée pour les grandes lignes par l'administration supérieure, elle doit être, par analogie, approuvée par le préfet pour les lignes concédées par les conseils généraux.

» Nous ne saurions, ajoute M. Morandière, mieux faire pour indiquer l'esprit qui devra présider à la confection de cet arrêté

préfectoral, que de citer les propres termes du rapport fait en 1865 par le comte Léopold Le Hon, pages 61 et suivantes. Ils montrent bien que, dès ce moment, la question était envisagée comme aujourd'hui.

» En résumé, pour tout ce qui concerne l'*exploitation*, le conseil général et le préfet, dans les mesures qu'ils auront à prendre à cet effet, devront s'appliquer, conjointement avec les concessionnaires, à réaliser toutes les combinaisons qui permettront d'atteindre par tous les moyens possibles le maximum de l'économie. L'administration supérieure, par les facilités de toute nature qu'elle accordera, permettra d'obtenir ce résultat indispensable. A cet effet, il sera utile de faire disparaître des cahiers des charges toutes les dispositions tracassières, restrictives et onéreuses du cahier des charges et de l'ordonnance du 15 novembre 1846. »

La dernière phrase semble indiquer, par parenthèse, que le rapport du comte Le Hon ne considérait pas tout à fait, comme M. Cossmann, l'ordonnance de 1846 « comme un modèle auquel il n'y a encore que bien peu de chose à changer pour tenir compte des besoins nouveaux », mais les citations qui précèdent montrent bien que les chemins de fer d'intérêt local établis sous le régime de la loi du 12 juillet 1865 ne sont pas soumis, d'une manière obligatoire et rigoureuse, et à la manière des grandes lignes de chemins de fer, à l'ordonnance de 1846. Il n'est donc point exact de dire que c'est le décret du 20 mai 1880 contenant dérogation partielle aux dispositions de cette ordonnance, qu'on peut considérer comme le germe de l'introduction des trains-tramways en France, attendu que bien avant ce décret on pouvait établir des trains analogues, et qu'en fait on en a établi. Le décret de 1880 n'aurait donc eu pour but que de sanctionner l'extension aux lignes d'intérêt général des facilités accordées depuis longtemps aux lignes d'intérêt local.

Il est, en ce cas, naturel de s'étonner qu'on ait trouvé nécessaire d'aller chercher à l'étranger des précédents pour justifier ces dérogations, alors qu'on pouvait signaler, en France même et antérieurement, des faits analogues dûment autorisés par la législation en vigueur.

Dans ces conditions, il doit être permis, contrairement aux conclusions de MM. Cossmann et Cerbelaud, de revendiquer pour la

France beaucoup plus que le douteux honneur d'avoir baptisé les trains dits *tramways*, d'une expression empruntée à une langue étrangère ; elle peut, croyons-nous, réclamer une large part de paternité. Quant au décret de 1880, on peut, pour continuer les métaphores employées par nos collègues, lui reconnaître le mérite d'avoir proclamé la *majorité* des trains-tramways en en étendant l'usage aux grandes lignes de chemins de fer.

Nous ne saurions omettre, eu terminant ce travail, de mentionner une considération qui nous paraîtrait, à défaut d'autre, de nature à justifier notre communication, c'est que les promoteurs de cette entreprise, de même que le personnel de l'administration et de la direction, et on peut dire tous ceux qui ont collaboré à la construction et à l'exploitation du chemin de fer de Bayonne-Anglet-Biarritz, font tous partie de la Société des Ingénieurs civils.

ANNEXES

N° 1.

CAHIER DES CHARGES POUR LA FOURNITURE DE 410 TONNES DE RAILS D'ACIER

Article premier.

Le présent cahier des charges a pour objet la fourniture de rails d'acier fondu pour voies courantes.

Art. 2.

Les rails seront du type Vignoles. Ils présenteront la forme exacte du gabarit poinçonné qui sera remis aux fournisseurs. Le profil en sera rigoureusement conservé sur toute la longueur des barres et particulièrement aux extrémités qu'on évitera avec soin de comprimer et d'altérer lors du coupage.

Les rails qui ne reproduiraient pas exactement les formes du gabarit seront refusés.

Il est toutefois accordé une tolérance de 1 0/0 sur le poids des rails rigoureusement exact, mais seulement pour tenir compte des variations d'épaisseur du corps central.

Art. 3.

Les longueurs des rails commandés sont fixées comme suit :

350 tonnes en rails de 8,00 *m* de longueur.
55 — — — 7,95 *m* —
5 — — — 5, 6 et 7 mètres de longueur.
Total : 410 tonnes.

Il sera accordé sur les longueurs des rails une tolérance de 2 millimètres en moins.

Art. 4.

Les rails porteront des marques en relief bien apparentes, désignant à la fois l'usine, l'année et le mois de la fabrication. Ces marques résulteront d'une gravure faite dans la cannelure finisseuse des cylindres.

Art. 5.

Les rails seront en acier fondu de la qualité définie plus loin par les essais à la traction de barreaux tournés aux dimensions indiquées.

Les lingots destinés à la fabrication des barres seront d'un seul morceau et sans soufflures ; ils devront avoir une section rectangulaire d'au moins 0,18 *m* ou 0,20 *m* et de préférence une section circulaire d'au moins 0,21 *m* de diamètre ; leur surface sera nette et unie, les bavures provenant des lingotières seront abattues au besoin.

Tout lingot qui présenterait des reprises ou solutions de continuité sera rejeté.

Le laminage sera d'ailleurs aussi parfait que possible, les surfaces des barres seront nettes et unies, les rails fabriqués ne présenteront point de pailles ; on ne tolérera que des criques peu importantes, ne pouvant altérer ni la section, ni la résistance de la barre.

La cassure devra montrer une texture à grains fins, compacte, parfaitement homogène, exempte de points blancs, brillants et fouleux.

Enfin, les rails devront satisfaire aux épreuves stipulées à l'article 8.

Tous les rails ne remplissant pas les conditions définies ci-dessus seront refusés ; on rebutera également ceux qui porteraient des traces de réparations.

ART. 6.

Les rails seront dressés sur les quatre faces avec le plus grand soin ; le dressage sera fait, autant que possible, à chaud, à la sortie des cylindres. S'il y a lieu d'opérer à froid pour le rendre parfait, l'opération sera exécutée sans percussion, au moyen de vis de serrage par pression graduée.

Toutes les surfaces devront être nettes et unies.

Tous les rails seront coupés aux deux bouts d'équerre sur l'axe de la barre et convenablement ajustés. Le réchauffage pour cette opération est interdit d'une manière absolue.

ART. 7.

Les rails de voies courantes seront percés et entaillés conformément au tracé qui sera remis au fournisseur.

Le procédé à employer pour l'ajustage des bouts, le perçage et l'entaillage devra être agréé par la Compagnie.

ART. 8.

Les rails seront classés avec soin dans l'usine en séries provenant de la fabrication d'un ou plusieurs jours. Les agents préposés à la réception choisiront dans chaque série un certain nombre de barres (une pour cent au plus) pour les soumettre aux épreuves suivantes.

1re épreuve. — A la flexion. — Chacun de ces rails, placé de champ sur deux points d'appui, espacés de un mètre dix centimètres (1,10 *m* devra supporter pendant cinq minutes, au milieu de l'intervalle des points d'appui, une pression de 13 500 kilogrammes sans conserver de flèche sensible après l'épreuve.

La même barre, dans la même position, devra supporter pendant cinq minutes sans se rompre, une charge de 28 000 kilogrammes (on augmentera ensuite la pression jusqu'à la rupture).

2e épreuve. — Au choc. — Chacune des deux moitiés de barre cassée placée de champ sur deux supports espacés de 1,10 *m*, lesquels seront fixés sur une enclume de 10 000 kilogrammes, devra supporter sans se rompre le choc d'un mouton de deux cent cinquante kilogrammes (250 kilogr.) tombant sur la barre au milieu de l'intervalle des points d'appui d'une hauteur de 1,50 *m*. Sous les hauteurs successives de chute de 0,75 *m*, 1 mètre, 1,25 *m* et 1,50 *m*, les flèches prises ne devront pas s'écarter sensiblement de 1 *mm*, 3,50 *mm*, 7,50 *mm*, 13 *mm*.

Le rebondissement plus ou moins grand du mouton donnera une idée du degré d'élasticité de la barre.

3e épreuve. — A la traction. — On extraira des morceaux de barres cassées, soit dans le champignon, soit dans le patin, des barreaux qui seront tournés au diamètre de 0,015 *m* et sur une longueur de 0,100 *m*. Ces barreaux seront soumis à des essais à la traction destinés à faire connaître la résistance à la rupture par millimètre carré de section et l'allongement permanent proportionnel correspondant.

La résistance à la rupture devra être de 60 à 65 kilogrammes et l'allongement correspondant de 18 à 22 0/0.

Si l'une des barres essayées casse à la deuxième épreuve au-dessous de 1m,50, ou conserve sous cette hauteur de chute une flèche supérieure à 15 millimètres, si les barreaux tournés à la traction donnent une résistance inférieure à 59 kilogrammes par millimètre carré de section ou un allongement inférieur à 17 0/0 et si plus du dixième des barres essayées ne résiste pas aux épreuves, la série entière d'où proviendraient les rails essayés sera rebutée.

Art. 9.

La réception provisoire sera faite à l'usine par un ou plusieurs agents de la Compagnie; elle aura lieu, autant que possible, au fur et à mesure de la fabrication et elle aura pour objet de trier, peser et poinçonner toutes les barres satisfaisant aux conditions stipulées.

L'établissement des appareils d'essai, ainsi que les mains-d'œuvre relatives à la réception et aux épreuves qui seront jugées nécessaires pour reconnaître la qualité de l'acier seront à la charge des fournisseurs.

Les barres reçues seront poinçonnées à leurs deux extrémités, celles rebutées seront marquées aux deux extrémités d'un signe spécial très visible et indélébile, afin qu'elles ne puissent plus être représentées à la réception.

ART. 10.

Si les livraisons de rails n'étaient pas effectuées sur les points désignés par la Compagnie aux époques fixées par la soumission, il serait retenu au fabricant à titre d'indemnité, par le seul fait du retard, une somme de *un pour cent* de la valeur des fournitures retardées par chaque mois écoulé au delà du délai contractuel sans qu'il soit besoin de recourir à une mise en demeure préalable et sans préjudice de dommages-intérêts.

Dans le cas où ce retard se prolongerait au delà de trois mois, la Compagnie aurait le droit de se procurer la quantité de tonnes non livrées aux époques partielles prévues aux risques et périls des fournisseurs qui seront passibles envers elle de l'augmentation de prix qui pourrait en résulter et ce, indépendamment de l'indemnité de retard qui restera acquise dans tous les cas.

Les dommages-intérêts ne seront dus par l'usine à la Compagnie qu'autant que celle-ci aurait éprouvé un tort réel à raison du préjudice apporté soit à la construction, soit à l'exploitation du chemin.

ART. 11.

Les fournisseurs garantissent les rails pendant six ans à partir de leur date de fabrication (qu'ils soient employés dans les changements de voies ou dans les voies courantes).

Tout rail qui pendant ce délai viendrait à se casser ou à se détériorer autrement que par usure régulière serait remplacé par les fournisseurs.

L'échange des rails avariés contre les neufs destinés à les remplacer s'effectuera au lieu de livraison indiqué par le marché.

ART. 12.

Les fournisseurs devront donner la libre entrée de leurs ateliers aux ingénieurs de la Compagnie ou à leurs agents qui pourront faire les vérifications nécessaires pour reconnaître si toutes les conditions du présent cahier des charges sont exactement remplies.

ART. 13.

La surveillance exercée par l'ingénieur de la Compagnie ou par ses agents à l'usine des fournisseurs, les vérifications ou épreuves, les réceptions partielles des rails fabriqués n'auront dans aucun cas pour effet de diminuer la responsabilité des fournisseurs qui restera pleine et entière jusqu'à l'expiration du délai de garantie prévu par l'art. 10.

ART. 14.

Interdiction de rétrocéder la fourniture.

ART. 15.

Contestations.

ART. 16.

Enregistrement du traité.

N 2

MARCHÉ POUR LA FOURNITURE DE VOITURES A DEUX ÉTAGES

ART. 1.

Le présent marché comprend la fourniture de deux voitures mixtes à deux étages (impériale fermée); deux voitures de 3me classe à deux étages (impériale ouverte); deux fourgons d'été à deux étages (impériale fermée) à frein; un fourgon d'hiver à deux étages (impériale fermée) à frein.

ART. 2

Ces voitures disposées pour la voie de 1,450 *m* entre les faces intérieures des rails seront en tout point conformes à la présente spécification et aux plans d'ensemble fournis par le constructeur et approuvés par l'ingénieur de la Compagnie; quant aux dessins de détail, ils seront soumis par le constructeur à l'approbation de l'ingénieur de la Compagnie.

ART. 3

La fourniture des véhicules comprend le châssis complet avec roues, boîtes à huile, ressorts de suspension et de traction, tampons de choc etc., les caisses, leurs garnitures, les appareils d'éclairage, la peinture, le vernissage, etc , en un mot tous les travaux nécessaires au complet achèvement des véhicules et à leur mise en service.

Les châssis seront complètement en fer, ils seront munis de ressorts de traction en acier plats, ils seront à quatre roues. Les caisses seront indépendantes des châssis et à impériales. Les couvertures seront en zinc n° 2. Les portes seront aux extrémités donnant sur des terrasses couvertes munies de garde-corps en tôle découpée avec entrées grillées sur les côtés.

ART. 4.

Les voitures auront les dimensions suivantes :

Longueur de la caisse à la ceinture	6,500 *m*
Largeur dito	3,000
Longueur intérieure des terrasses	1,000
Hauteur totale de la caisse inférieure.	2,100
— de la voiture au-dessus des rails.	5,000
— de l'impériale.	1.800
Hauteur de l'axe des tampons	1,000
Ecartement d'axe en axe des tampons.	1,700

ART. 5.

§ 1. — *Voitures mixtes.*

La caisse sera divisée au rez-de-chaussée en deux parties séparées l'une de l'autre par une cloison dans toute la hauteur. L'une de ces parties contiendra deux compartiments de 1re classe de 17 places et l'autre un compartiment de 2me classe de 11 places.

L'impériale formera un seul compartiment contenant 26 places de 3me classe, elle est desservie par un escalier dont la cage est prise sur le compartiment de 2me classe.

Toutes les ouvertures recevront des châssis de glace disposés de façon à éviter le clapotement en marche, elles recevront en outre des persiennes, les glaces seront en verre double de première qualité.

Garniture intérieure. Les compartiments de première seront garnis de drap gris mastic et de filets de même couleur; outre les persiennes, les fenêtres seront garnies de soie bleue. Le plancher sera recouvert de toile cirée et de moquette. La place faisant face à la porte sera ornée d'une glace étamée. Les plafonds et parois seront en acajou verni avec filets d'or, les sièges auront des accoudoirs; ils seront, ainsi que les dossiers, rembourrés de crin animal et capitonnés.

Le compartiment de 2me classe sera garni de tissu de crin noir, les sièges et dossiers rembourrés de crin animal pur. Le plafond, les parois et les parties apparentes des sièges seront en pitch-pin rouge d'Amérique verni. Entre les sièges, le plancher sera recouvert d'un tapis de coco.

Les ouvertures recevront des châssis de glace et des persiennes.

L'intérieur de l'impériale sera en bois peint couleur chêne clair et le plafond vert. Les sièges seront en barrettes épousant la forme du corps.

Les fenêtres recevront des châssis de glace et des persiennes.

§ 2. — *Voitures de 3me classe.*

La caisse, au rez-de-chaussée, comprendra un seul compartiment de 45 places de 3me classe et au second 26 places de 3me classe.

L'impériale sera ouverte sur les côtés, les extrémités seules seront cloisonnées; elle sera desservie par un escalier intérieur semblable à celui des voitures mixtes.

Toutes les ouvertures du rez-de-chaussée auront des châssis de glace et des persiennes.

§ 3. — *Fourgon d'été.*

La caisse au rez-de-chaussée est divisée en deux parties séparées par une cloison dans toute la hauteur. L'une de ces parties sera affectée au service des bagages, elle aura deux portes à deux battants ouvrant sur les côtés de la voiture et une troisième porte donnant sur la terrasse où est placé le volant de commande du frein; une niche à chiens sera réservée sous l'escalier desservant les troisièmes classes de l'impériale.

L'autre partie contiendra deux compartiments de 2me classe, soit 22 places; la garniture sera identique à celle spécifiée pour le compartiment de 2me classe de la voiture mixte.

L'impériale sera fermée, contiendra 26 places de 3me classe et sera entièrement semblable à celle des voitures mixtes; elle sera desservie par un escalier intérieur dont la cage sera prise sur le compartiment réservé aux bagages. Cet escalier aboutira à la terrasse du frein également affectée aux voyageurs de 3me classe.

§ 4. — *Fourgon d'hiver.*

La caisse sera divisée au rez-de-chaussée en trois parties séparées par des cloisons dans toute la hauteur.

La partie du milieu sera affectée au service des bagages, elle aura deux portes à double battant disposées dans les mêmes conditions que le fourgon d'été.

L'une des parties extrêmes est disposée pour un compartiment de 1re classe, ayant la forme d'un salon et contenant 10 places; ce compartiment, complètement indépendant des bagages, communique par une porte à coulisse avec la terrasse correspondante.

L'autre partie renfermera un compartiment de 10 places de 2me classe et la cage de l'escalier desservant l'impériale. Un passage sera ménagé à travers le compartiment de 2e classe pour le service du frein et des bagages.

L'impériale contenant 26 places de 3me classe sera disposée comme celle de la voiture mixte.

ART. 6.

Les trois fourgons portent chacun un frein à vis Stilmant dont le volant de commande sera sur la terrasse du côté de l'escalier desservant l'impériale.

Ces freins seront exécutés avec soin, les pièces d'articulation seront cémentées.

ART. 7.

Les matières employées dans la construction des véhicules seront de première qualité.

Les bois seront de premier choix, ayant au moins deux ans de coupe.

Les panneaux seront en grisart collés avec toiles tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Les fers seront de bonne qualité.

Le bronze sera au titre de 84/16.

Les plaques de garde seront parfaitement identiques entre elles et calibrées de manière qu'elles puissent indistinctement servir à chaque voiture.

Les boîtes, roues et essieux devront être d'un type accepté par l'ingénieur de la Compagnie.

Les essieux et bandages seront en acier.

ART. 8.

Tous les assemblages des bois seront enduits d'une épaisse couche de peinture.

Toutes les ferrures, avant d'être mises en place, seront recouvertes d'une couche de peinture.

La peinture des caisses, le vernissage et les inscriptions, etc., seront arrêtés d'un commun accord et exécutés dans les conditions générales stipulées par les grandes Compagnies de chemins de fer.

ART. 9.

La Compagnie aura le droit, pour s'assurer de la bonne exécution, de faire procéder à toutes les épreuves et vérifications qui lui paraîtraient nécessaires.

L'entrée des ateliers du fournisseur sera toujours accordée à l'ingénieur de la Compagnie ainsi qu'à l'agent chargé d'inspecter la construction.

ART. 10.

La livraison des véhicules aura lieu à Bayonne, le 1er juillet 1876.

En cas de retard, le fournisseur sera passible d'une amende de

50 francs par jour de retard et par voiture, si toutefois la Compagnie a subi un préjudice du fait de ce retard.

ART. 11.

Le montage des impériales à destination sera fait par la Compagnie sous la direction d'un chef-ouvrier qui sera fourni par le constructeur.

ART. 12.

Le fournisseur restera garant du bon service des voitures pendant quatre mois à partir de la mise en service. Durant ce délai de garantie, toute pièce venant à se rompre en service ordinaire, ou toute avarie quelconque résultant d'un défaut de matière ou de construction sera remplacée ou réparée à ses frais.

ART. 13.

Interdiction de rétrocéder tout ou partie de la fourniture.

ART. 14.

Le prix de chaque voiture est fixé de la manière suivante :

Voiture mixte avec impériale fermée	12.750	francs.
Voiture de 3e classe avec impériale ouverte. . . .	9.000	—
Fourgon avec impériale fermée à deux classes pour service d'été	10.500	—
Fourgon avec impériale fermée à trois classes pour service d'hiver	12.250	—

Les paiements auront lieu à Paris, au siège de la Société, de la manière suivante :

1/10 à la signature du marché;
4/10 à la réception à l'usine ;
4/10 au montage des wagons à Bayonne;
1/10 à l'expiration du délai de garantie.

ART. 15.

Clauses relatives à l'enregistrement du traité.

N° 3.

MARCHÉ
POUR LA FOURNITURE DE TROIS LOCOMOTIVES-TENDERS (1)

Article premier.

Le présent marché comprend la fourniture de trois locomotives-tenders à six roues, dont quatre couplées, du système Mallet.

Art. 2.

Ces machines, disposées pour la voie de 1,450 *m* entre les faces intérieures des boudins des rails, seront en tout conformes à la présente spécification et aux plans d'ensemble fournis par le constructeur et approuvés par l'Ingénieur de la Compagnie. Quant aux dessins d'exécution, ils seront également faits par le constructeur et approuvés par l'Ingénieur de la Compagnie ou son délégué.

Art. 3.

Les machines sont à cylindres extérieurs, avec longerons intérieurs; le mécanisme de distribution sera également placé à l'extérieur.

Chaque machine sera munie de : un injecteur de 5 millimètres, type Creusot, pouvant au besoin servir de réchauffeur ; deux soupapes de sûreté, un tube de niveau d'eau avec porte-lanterne; deux robinets de jauge; un manomètre métallique; un sifflet; un robinet de vidange de chaudière ; un souffleur; une grille ordinaire; un cendrier fermé, avec portes se manœuvrant de la plate-forme du mécanicien; une sablière; tous les bouchons de lavage nécessaires pour assurer un bon nettoyage; une grille à flammèches; un capuchon; des robinets purgeurs se manœuvrant de l'arrière de la machine; un abri ; une communication entre les caisses à eau; deux paniers à filtre.

Art. 4.

Les principales dimensions des machines sont les suivantes :

Surface de chauffe du foyer.	4,60 m^2
— — des tubes	40,50
— — totale	45,10
— de grille.	1,00
Nombre de tubes.	125

(1) Le marché pour la fourniture des deux locomotives à six roues couplées est identique à celui-ci, sauf en ce qui concerne les dimensions.

Diamètre extérieur des tubes	0,045 *m*
Longueur entre les plaques tubulaires	2,400
Capacité des caisses à eau	2 m^3
— des soutes à combustibles	0,600 m^3
Diamètre moyen du corps cylindrique	1 *m*
Timbre de la chaudière	10 *kg*
Diamètre des roues couplées	1,200 *m*
— — de support	0,900
— du petit cylindre	0,240
— du grand cylindre	0,400
Course des pistons	0,450
Section maxima de l'échappement	0,0080 m^2
— minima —	0,0020
Poids de la machine vide	15.000 *kg*
— en charge (3/4 des approvisionnements)	18.000 *kg*

ART. 5.

Les chaudières seront en tôle de fer timbrées à 10 kilogr. par centimètre carré ; elles devront subir chez le constructeur les épreuves réglementaires exigées par l'administration des mines.

Le foyer sera en cuivre rouge de première qualité.

La face avant de boîte à feu, la face arrière et la plaque à tubes de la boîte à fumée seront en tôle Creusot 6. Le corps cylindrique et l'enveloppe de boîte à feu seront en tôle Creusot 4.

Les tubes seront en laiton de 2 millimètres d'épaisseur.

Le régulateur sera à double tiroir; il sera placé dans un dôme situé sur l'avant de la chaudière.

Afin d'augmenter le plus possible le tirage, l'échappement sera annulaire. Un mouvement, à portée du mécanicien, le rendra variable par le déplacement du cône intérieur en laiton.

Les chaudières seront enveloppées de tôle mince reposant sur une carcasse en cornières. Le dôme, les cylindres, les conduites de vapeur et la boîte du tiroir de démarrage seront également garnis d'enveloppes en tôle mince.

ART. 6.

Les longerons seront découpés avec leurs plaques de garde dans une même feuille de tôle; ils auront une épaisseur de 20 millimètres.

Les roues auront les manivelles et contrepoids venus de forge; ces derniers seront calculés de manière à équilibrer les pièces animées d'un mouvement rotatif.

Les essieux et les bandages seront en acier doux du Creusot.

Les boîtes à graisse seront en fer cémenté et trempé ; leurs coussinets seront en bronze 82/18.

Les boîtes des roues couplées seront garnies de coins de rattrapage de jeu.

Les manivelles et boutons seront en acier doux du Creusot, cémenté et trempé.

ART. 7.

Les cylindres seront en fonte dure à grains serrés.

Les tiroirs des cylindres et les coussinets de bielles seront en bronze 84/16. Les tables des tiroirs seront disposées pour permettre de rapporter des tables après usure.

Les pistons seront en fer avec segments en fonte dure.

Les tiges des pistons, les clavettes, les glissières, les bielles motrices et d'accouplement seront en acier.

La distribution sera faite par coulisse de Stephenson avec barres croisées.

Les crosses de piston, les coulisses de distribution, les fausses tiges et tous les axes du mécanisme seront en acier doux du Creusot cémenté et trempé.

Les colliers d'excentriques seront en fer, garnis d'antifriction.

Le changement de marche et le mouvement du tiroir de démarrage seront à vis.

ART. 8.

Chaque machine sera munie d'un frein à vis à quatre sabots agissant sur les roues motrices et sur les roues d'arrière, ainsi que d'un frein à contre-vapeur du type de la Compagnie du Midi.

ART. 9.

Les machines seront rigoureusement identiques entre elles, de telle façon que toutes les pièces semblables puissent se remplacer l'une par l'autre.

Le boulonnage, la robineterie, les porte-signaux, les disques et les lanternes seront conformes aux types des chemins de fer du Midi.

Il sera fourni avec chaque machine une série de clés à écrous, ainsi que les outils du chauffeur.

Une copie de tous les dessins d'exécution sera remise à la Compagnie par le fournisseur, ainsi que les plans d'ensemble complets, le tout à titre gratuit.

ART. 10.

Les matériaux employés dans la construction des machines seront de premier choix, eu égard à leur emploi. La Compagnie pourra, pour s'en

assurer, procéder dans les ateliers du constructeur, à toutes les épreuves qu'elle jugera nécessaires.

L'entrée des ateliers du fournisseur sera toujours accordée à l'ingénieur de la Compagnie, ainsi qu'à l'agent chargé de surveiller la construction.

ART. 11.

La livraison des trois machines aura lieu à Bayonne, la première machine le 15 mai 1876 et les deux autres le 15 juin. En cas de retard, le fournisseur sera passible d'une amende de 200 francs par machine et par semaine de retard, si toutefois la Compagnie a subi un préjudice réel du fait de ce retard.

ART. 12.

Pour le remontage. le fournisseur enverra à ses frais un chef monteur à Bayonne.

ART. 13.

Le constructeur restera garant du bon fonctionnement de ses machines pendant six mois à partir de la date de la livraison. Durant ce délai de garantie, toute pièce venant à se rompre en service ordinaire, soit par mauvaise qualité de matière soit par vice d'exécution sera remplacée à ses frais.

ART. 14.

Le prix de chaque machine complète est fixé à la somme de trente et un mille cinq cents francs (31 500 francs). payable de la manière suivante :

1/3 à la signature du marché ;
1/3 à l'assemblage des foyers dans les ateliers ;
1/6 à la livraison ;
1/6 six mois après à l'expiration du délai de garantie.

ART. 15.

Les frais d'engistrement des présentes seront à la charge de celle des parties qui y donnerait lieu.

FONDATION A L'AIR COMPRIMÉ

D'UN

PONT EN FER SUR LE NIÉMEN

(LIGNE DE VILNA A ROVNO)

PAR

LES INGÉNIEURS DE L'ÉTAT RUSSE

EXTRAIT DU JOURNAL OFFICIEL DU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS DE SAINT-PÉTERSBOURG

Traduction par M. PRZEWOSKI

Travaux préparatoires.

Ce pont a une ouverture totale de 100 sagènes ou 213,40 *m* divisée en 4 travées de 53,35 *m* chacune par 3 piles.

Sur une des rives, les sondages avaient rencontré un banc de gros gravier à la profondeur de 4,25 *m* au-dessous de l'étiage, reposant sur un fond d'argile compacte, et sur l'autre rive, ainsi qu'au milieu du fleuve, un banc de gros gravier, à des profondeurs de 13,80 *m* et de 8 mètres ; on décida de fonder les piles à l'air comprimé au moyen de caissons descendus à une profondeur d'environ 10,70 *m* au-dessous de l'étiage.

On commença par établir un pont de service et des échafaudages autour de l'emplacement des piles, puis on établit sur pilotis près de la pile du milieu un hangar en planches pour abriter deux machines de 12 chevaux chacune, deux chaudières à vapeur et deux pompes à double effet avec réservoirs d'air.

Description d'un caisson.

La cloison extérieure du caisson de 2,13 *m* de hauteur avec un

fruit de 1/15 était formée de feuilles de tôle de 8 *mm* d'épaisseur assemblées et rivées aux joints verticaux et horizontaux avec des couvre-joints de 114 *mm* sur 9 *mm*. Dans le bas, pour constituer le pourtour du fond, on riva à l'intérieur de la cloison des cornières de 100 × 100 × 42 et à l'extérieur deux doublures superposées l'une de 457 × 6, l'autre de 229 × 8. Le caisson était formé d'une partie rectangulaire, d'un avant-bec triangulaire terminé par une partie arrondie, et d'un arrière-bec demi-circulaire; sa longueur totale était de 11,74 *m* et sa largueur de 3,96 *m*.

Le plafond du caisson était formé de feuilles de tôle de 5 *mm* d'épaisseur rivées aux semelles inférieures d'un système de poutres en fer.

Ces poutres consistaient d'abord en poutres transversales double T formées d'une âme de 457 × 9 et de 4 cornières de 76 × 76 × 9 ; elles étaient espacées dans la partie droite de 1,18 *m* dans la partie triangulaire de l'avant-bec de 0,928 *m* et, dans la partie demi-circulaire de l'arrière-bec, une poutre avait la forme d'un demi-cercle concentrique à la cloison extérieure et à 0,92 *m* de cette cloison.

Entre les poutres transversales, on en plaça de plus petites, longitudinales, double T, disposées dans la partie droite en trois rangs, dans l'avant-bec en deux rangs, et dans l'arrière-bec suivant la direction des rayons en cinq rangs.

Au milieu du caisson, pour servir à fixer le premier anneau du tuyau de descente, on intercala deux bouts de poutres longitudinales.

Le tuyau réunissant le caisson au sas à air avait un diamètre de 0,93 *m*, son premier anneau rivé aux poutres du plafond avait 1,07 *m* de hauteur.

Pour renforcer les parois verticales du caisson, on leur riva verticalement 24 fers à T assemblés à leur partie supérieure aux poutres transversales du plafond au moyen de cornières ; ces fers à T étaient reliés horizontalement par deux cours de semelles de 9 *mm* rivées aux parois verticales avec des cornières horizontales de 64 × 64 × 9. Les feuilles du pourtour du plafond étaient assemblées à la paroi verticale aussi avec des cornières de 76 × 76 × 9. Le poids total du caisson était de 25 356 *kg*. Il fût monté sur un plancher au-dessus de l'emplacement exact où il devait être descendu.

A la paroi verticale du caisson au-dessus du plafond, on riva les feuilles de l'enveloppe à l'intérieur de laquelle on devait élever la maçonnerie de la pile. Cette enveloppe était formée de feuilles de tôle de 3 *mm* d'épaisseur rivées à recouvrement de 6 *mm* au moyen de rivets de 8 *mm* de diamètre avec interposition dans les joints de carton bitumé enduit de minium et on enduisit les joints à l'extérieur de goudron bouillant. Le poids de cette enveloppe était de 6100 *kg* et sa hauteur de 7,80 *m*.

Maçonnerie dans le caisson avant sa descente.

On emplit en maçonnerie de briques, à l'intérieur du caisson, les espaces compris entre les parois verticales et les âmes des fers à T verticaux, ce qui s'appelle la crinoline. Pour l'établir, on commença par poser sur les cornières horizontales formant le pourtour du bas du caisson, des poutres en bois de 25 × 25 fortement pressées contre la paroi en tôle; sur ces poutres on établit la maçonnerie de briques qui, devant donner de la résistance à la paroi verticale pour s'opposer à la pression extérieure du terrain, fut faite en forme de voûte en arc de cercle s'appuyant sur les cornières transversales qui, reliaient les fers à T verticaux. La surface intérieure de cette maçonnerie fut recouverte d'un enduit en ciment pour augmenter l'imperméabilité des joints aux fuites de l'air comprimé. On recouvrit aussi le plafond à l'extérieur d'une couche mince de mortier de ciment; par-dessus cette couche, on remplit les vides entre les poutres du plafond en maçonnerie de moellons de 0,45 *m* d'épaisseur.

Le poids de la maçonnerie de briques à l'intérieur du caisson était de 32 tonnes 760; celui de la maçonnerie de moellons au-dessus du plafond de 40 tonnes 240, ce qui donne en totalité 73 tonnes.

Suspension et descente du caisson.

Afin de descendre le caisson, on le suspendit d'abord à 12 vérins placés sur les poutres des échafaudages au-dessus du caisson; les vis verticales des vérins tiraient de bas en haut sur des

oreilles en fer fixées à la partie inférieure des parois verticales du caisson; afin d'opérer la descente uniformément, toutes les vis étaient du même pas et toutes les clefs à cliquets devant faire mouvoir les écrous étaient formées de longs leviers en fer placés tous en travers et vers l'intérieur du caisson; 12 ouvriers manœuvraient ensemble ces leviers à cliquets et commencèrent par relever le caisson au-dessus du plancher, puis on découpa dans le plancher une ouverture suivant le pourtour exact du caisson, par laquelle on le fit descendre, en prenant toutes les précautions nécessaires pour le faire reposer horizontalement sur le fond du fleuve.

Le poids du caisson avec sa maçonnerie était de 25 tonnes de fer, plus 73 tonnes de maçonnerie, soit 98 tonnes en totalité.

Production de l'air comprimé.

Afin d'activer les travaux, on décida de descendre deux caissons à la fois; pour cela, on installa deux machines actionnant deux pompes à double effet. La transmission de mouvement était organisée de la manière suivante : les deux machines faisaient mouvoir, au moyen de courroies, un arbre horizontal qui transmettait le mouvement par courroies à une petite roue dentée engrenant avec une plus grande dont l'arbre portait les manivelles commandant les pistons des pompes à air; la petite roue avait 22 et la plus grande 72 dents, de manière que la vitesse transmise par la machine à vapeur était réduite des deux tiers environ. D'après les dimensions et la vitesse des pompes à air, le volume théorique d'air comprimé par heure était en moyenne de 290 mètres cubes pour un nombre de tours des manivelles de 30 par minute. L'air comprimé était envoyé des pompes au travers d'un réservoir dans le sas à air au moyen de tubes en fonte et en caoutchouc qui avaient respectivement 0,10 *m* et 0,08 *m* de diamètre.

Sas à air.

La sas à air avait la forme d'une sphère de 2,44 *m* de diamètre, composée de feuilles de tôle d'une épaisseur de 6 millimètres

rivées à recouvrement; en haut et en bas étaient adaptés des tuyaux; le tuyau supérieur terminé par un dôme était formé de feuilles de tôle de 9 millimètres et renfermait le mécanisme de levage, et le tuyau inférieur constituait un anneau auquel s'assemblaient les tuyaux réunissant le sas au caisson. Sur les côtés du sas à air, sous un angle de 45 degrés vers le bas, ressortaient deux manchons en tôle constituant des écluses pour vider les déblais retirés du caisson.

Sur un autre côté du sas à air, existait une ouverture ronde de 0,63 *m* de diamètre, servant d'entrée et fermée à l'intérieur par une porte.

Sur la partie supérieure du tuyau supérieur du sas à air et à l'extérieur, était fixée une forte poulie recevant le mouvement par courroies de l'arbre de la machine; sur l'arbre de cette poulie était fixée une roue à vis sans fin engrenant avec une autre de plus grand diamètre située au-dessous; l'arbre de celle-ci pénétrait à l'intérieur du sas à air; sur cet arbre était fixé un treuil portant le câble qui servait à lever les seaux du caisson.

Les ouvriers à l'intérieur du sas à air pouvaient, au moyen d'une manette, faire engrener les deux roues à vis sans fin et faire manœuvrer ainsi les seaux à volonté; les seaux montés étaient vidés dans l'un des manchons écluses. Ces manchons étaient fermés aux deux bouts par des portes; les portes intérieures étaient pressées en dedans par l'air comprimé et les portes extérieures étaient fermées de l'extérieur. La fermeture de celles-ci était organisée de façon à ne pas permettre l'ouverture des portes intérieures tant que les autres étaient ouvertes.

Le fond du sas à air était en forme de dôme au milieu duquel était ménagée une ouverture pour descendre par une échelle en fer fixée à la paroi du tuyau de descente. Cette ouverture était fermée par une porte pressée de bas en haut par l'air comprimé, lorsque le sas à air communiquait avec l'extérieur; l'égalité de pression s'établissait au moyen de robinets en une seconde.

L'air comprimé était envoyé par les pompes sous le plancher du sas à air par une ouverture ménagée dans le premier anneau des tuyaux; cette ouverture était fermée à l'intérieur par un clapet, afin que, pour le cas d'un arrêt des machines, l'air comprimé ne retournât pas dans la conduite d'amenée.

Le poids total du sas à air avec ses tuyaux était de 3865 *kg*.

La résistance du sas à air à la rupture a été calculée en prenant pour pression totale de l'air comprimé suivant un grand cercle de la sphère l'expression $p\ \pi\ r^2$ dans laquelle p est la pression par millimètre carré. La section de la sphère qui doit résister à cette pression est $\pi \left(\frac{D^2 - d^2}{4}\right) = 3{,}14 \left(\frac{2756^2 - 2743^2}{4}\right)$

Supposant la résistance du joint à recouvrement à 2 rangs de rivets de 70 % et prenant pour K, résistance du fer à la rupture 32 *kg* par millimètre carré, nous aurons la force nécessaire pour rompre la sphère égale à $3{,}14 \left(\frac{2756^2 - 2743^2}{4}\right) 0{,}70 \times 32$ égale 1 257 043 *kg* ; égalant cette valeur à celle de la pression totale, nous aurons $p\ \pi\ r^2 = 1\ 257\ 043$ *kg*, or, $\pi\ r^2 = \frac{3{,}14 \times 2{,}743^2}{4}$ égale 5 906 378 millimètres carrés d'où $p = \frac{1\ 257\ 043}{5\ 906\ 378} = 0{,}21$ *kg* par millimètre carré, ce qui équivaut à dire que la sphère se romprait sous une pression intérieure de $\frac{0{,}21}{0{,}0103} = 20$ atmosphères ; et comme la pression la plus grande de l'air dans le sas a été de 0,016 *kg* par millimètre carré ou de 1 atmosphère 6/10, les tôles travaillaient donc seulement à $\frac{0{,}016}{0{,}01 \times 20} = \frac{1}{13}$ de la résistance à la rupture.

Les tuyaux de descente consistaient en anneaux emboîtés les uns dans les autres avec interposition de gutta-percha; leur épaisseur était de 9,5 *mm*, On a calculé la pression qu'ils pouvaient supporter par la formule $e = \frac{p\ d}{2\ T}$; en prenant pour T, résistance par milllimètre carré, 2,85 *kg*, on a trouvé qu'il faudrait une pression de 5 atmosphères 24 pour amener la rupture, ou qu'on aurait pu descendre à une profondeur de 54,13 *m*.

On a calculé également la résistance à la tension longitudinale des boulons d'assemblage du dôme du tuyau supérieur, et l'on a trouvé qu'ils résistaient à une pression de 23 atmosphères et qu'ils travaillaient à $\frac{1}{15}$ de leur résistance à la rupture estimée à 32 *kg* par millimètre carré.

Conduite des travaux

Le déblai à l'intérieur d'un caisson fut exécuté par 3 équipes de 7 hommes travaillant chacune 8 heures : 4 hommes étaient à la fouille, 2 dans le sas à air pour monter et vider les seaux et 1 placé à l'extérieur pour vider les manchons.

En outre, on faisait de temps en temps fonctionner un éjecteur pour évacuer le sable. Cet éjecteur consistait en un tuyau en fonte que l'on avait fait descendre dans la partie aval du caisson et qui sortait à l'extérieur verticalement au travers de la maçonnerie; à une certaine hauteur il était recourbé à angle droit et traversait horizontalement la maçonnerie de la pile; à l'intérieur du caisson, ce tuyau était fermé par un robinet et terminé par un bout en caoutchouc que l'on enfonçait dans le sable fluide; lorsqu'on ouvrait le robinet, l'air comprimé se précipitait dans le tuyau et chassait à l'extérieur le sable mêlé d'eau et de pierres; mais comme ce travail se faisait très rapidement, on ne pouvait le faire que périodiquement, d'autant plus que de nombreux et rapides changements de pression auraient pu être nuisibles à la santé des ouvriers.

A mesure de la descente du caisson, la maçonnerie de la pile s'élevait et, pour assurer sa verticalité, elle était entourée de cadres en charpente présentant la section de la pile et on vérifiait constamment l'horizontalité du caisson pendant sa descente dans le terrain.

On était forcé d'arrêter la production de l'air comprimé lorsque la descente du caisson obligeait à rallonger le tuyau de descente; dans ce cas, on démontait le sas, on le suspendait aux poulies de l'échafaudage et on montait la rallonge; pendant cette opération, on perdait tout l'air comprimé du caisson et, pour éviter autant que possible cet inconvénient, on montait à la fois des hauteurs de rallonge de 3,80 *m*.

Pendant ce travail, un clapet ménagé dans le plafond du caisson interrompait la communication par le tuyau de descente et était maintenu fermé par la pression de l'air; malgré cette précaution, le caisson descendait d'une manière notable et il est arrivé, à l'une des piles, qu'il est descendu si rapidement, que les

entretoises cornières en fer maintenant dans le bas l'écartement des parois se sont rompues et qu'il a fallu les remplacer par des arcs-boutants en bois.

A l'une des piles, lorsque le fond du caisson atteignit l'argile, la pile serrée par le frottement du terrain ne descendait plus et il fallut diminuer la pression de l'air pour la faire descendre.

Nous avons calculé pour cet instant le frottement du terrain contre les parois de la manière suivante :

Soit H la hauteur de pénétration du caisson dans le terrain, Q le poids de la pile, S la surface horizontale du caisson, Z la pression de l'air en kilogr. par centimètre carré, F la force de frottement, nous aurons $Q = SZ + F$.

Pour notre cas, $H = 8{,}50\ m$, $S = 405\,638$ centimètres carrés, $Z = 0{,}90\ kg$ par centimètre carré. Q se compose de la maçonnerie élevée de 8,08 *m* au-dessus du plafond du caisson, ce qui donne un poids de 717 tonnes 395 kilogr., plus le poids du caisson avec tous ses accessoires évalué à 110 tonnes 335 kilogr., soit en totalité 827 tonnes 730 kilogr.; remplaçant dans la formule on a $F = Q - SZ = 827\,730 - 365\,074 = 462\,656$ kilogr.

Nous obtiendrons la force de frottement moyen par mètre carré de surface latérale en divisant F par la surface enfoncée dans le terrain, ou $\frac{F}{PH} = \frac{462\,656}{27{,}21 \times 8{,}50} = 2\,000$ kilogr. pour un terrain composé de sable, gravier, pierres et argile.

Dépenses.

Les dépenses du pont ont été réparties de la manière suivante, en comptant le rouble à 2,50 *f* :

Pour le tablier métallique, 598 263 kilogr. ont coûté	Fr.	365.283 »
Pour les trois caissons mis en place		225.000 »
Pour les maçonneries		183.365 »
Total. . .	Fr.	773.648 »

Ce qui porte à 3 625 francs le prix par mètre courant de portée réelle du pont.

La fondation, commencée en août 1884, fut terminée en février 1885.

CHRONIQUE

SOMMAIRE. — Le procédé Bower-Barff. — Fabrication du sodium. — Eclairage électrique des établissements industriels. — Le mouvement de la circulation à Londres. — Lampe électrique de mines.

Le procédé Bower-Barff. — Notre collègue M. Ch. Boutmy a remis à la Société la note ci-dessous sur ce procédé de préservation du fer et de la fonte contre l'oxydation.

Les premiers essais du procédé Bower-Barff sont antérieurs à 1878. Ce procédé consiste, pour le fer, à le maintenir pendant plusieurs heures au rouge clair dans une atmosphère de vapeur d'eau surchauffée pour qu'elle soit sèche et à le laisser refroidir lentement dans cette atmosphère.

Dans ces conditions, le fer se recouvre d'une couche adhérente d'oxyde salin qui forme une sorte de vernis brun noirâtre inattaquable par les agents atmosphériques et même par les acides à la température ordinaire.

De nombreuses applications de ce procédé ont été tentées, notamment pour remplacer la galvanisation des ferrures des poteaux télégraphiques et des tirefonds pour traverses de chemins de fer.

En 1883, M. Frédéric Nyst, ingénieur à Liège, avait exposé à Amsterdam tout un lot de tirefonds et d'isolateurs de télégraphe qui avaient été traités par le procédé Bower-Barff.

Ces pièces ont été essayées en Hollande et nos savants collègues de ce pays seraient à même de donner des renseignements précis sur les résultats obtenus. Je crois savoir qu'ils n'ont pas répondu aux espérances qu'avait fait naître la simplicité du procédé.

Il me semble qu'il faut chercher la cause de cet insuccès dans le peu d'élasticité de la couche d'oxyde et dans son coefficient de dilatation plus faible que celui du fer qu'il recouvre. Il en résulte que la moindre déformation, même élastique, de la pièce fait craquer la couche protectrice; l'humidité passe alors par la fissure et la rouille commence son action destructrice.

J'ai essayé l'année dernière, avec MM. Betterer et Bellot galvanisateurs à Grenelle, de préserver par le procédé Barff un creuset de galvanisation en tôle contre l'action corrosive du zinc.

Pendant les six premières semaines, la quantité des mattes qui encombraient le fond du creuset a été extrêmement faible et correspon-

dait seulement à la dissolution dans le zinc du fer provenant des pièces soumises à la galvanisation.

Entre la septième et la huitième semaine, la quantité des mattes a subitement augmenté et, peu après, le creuset s'est percé à l'un des angles. Tout le reste était demeuré intact. Nous avons attribué cet accident à des fissures qui ont dû se produire dans la couche d'oxyde pendant le coltinage et le montage du creuset, malgré toutes les précautions prises pour éviter les chocs et les vibrations.

Nous n'avons pas renouvelé cet essai.

Il me semble que le procédé Barff ne peut être efficace que pour des pièces en fer n'ayant à subir aucune déformation ni aucun changement brusque de température.

Par contre, une variante brevetée du procédé Bower-Barff, appliquée aux pièces de fonte, donne des résultats industriels remarquables.

Au lieu de soumettre la fonte portée au rouge à l'action de la vapeur d'eau, comme pour le fer, cette variante consiste à la maintenir au rouge vif pendant 20 ou 30 heures dans une flamme très oxydante, puis ensuite à rendre pendant le même temps la flamme fuligineuse, afin d'être certain qu'elle soit réductrice, et à laisser refroidir lentement.

Les moulages traités par ce procédé prennent une teinte gris de fer uniforme qui reste indélébile. Dans cet état ils se prêtent parfaitement aux décorations au feu d'or et d'émaux.

MM. Odelin, négociants à Paris, obtiennent par ce moyen des cheminées de fonte décorée d'un goût charmant.

M. André, maître de forges à Couzance-aux-Forges, a acheté cette partie du brevet Bower-Barff. Il l'applique en grand depuis 3 ou 4 ans à ses fontes de ménage.

Les casseroles de fonte traitées par le procédé Barff ne donnent aucun goût métallique et ne colorent pas en noir les aliments qu'on y fait cuire. De plus, on peut les mettre sur le feu sans aucun liquide et, lorsqu'elles sont très chaudes, y verser de l'eau froide sans qu'elles se fendent. J'ai vu faire cet essai à plusieurs reprises chez MM. Lajourdie et Nicolas, dépositaires des fontes de Couzance.

Je ne crois pas que les fontes traitées par ce procédé soient recouvertes d'oxyde salin ; leur couleur seule suffit pour faire écarter cette hypothèse. Ces faits semblent plutôt devoir être rapportés aux modifications moléculaires et à l'affinage partiel que subit la fonte soumise à l'action prolongée de la chaleur. Ils me semblent devoir être ajoutés aux observations que notre savant collègue, M. Lencauchez, a consignés dans l'intéressant mémoire qu'il a communiqué dernièrement à la Société des Ingénieurs Civils.

Quelle que soit la raison théorique des résultats obtenus par l'application du procédé Barff, je crois que, s'ils sont très restreints pour

les objets en fer, ils sont très intéressants pour certaines catégories de pièces de fonte.

Nous croyons utile de compléter les renseignements contenus dans la note de M. Boutmy en donnant un résumé d'une communication très détaillée faite à la Société américaine des Ingénieurs mécaniciens par M. George W. Maynard sur le procédé Bower-Barff.

Ce procédé a été très complètement décrit d'abord par M. George Bower devant *l'Iron and Steel Institute* en 1881, et à la *Society of Engineers*, à Londres, puis par son fils M. A. S. Bower à l'Institut américain des Ingénieurs des Mines en 1883.

Auparavant, en 1876, le professeur Barff avait lu à la Société des Arts à Londres un mémoire qui avait excité un grand intérêt. Le procédé Barff consistait à placer les objets de fer, de fonte ou d'acier dans une cornue en fer chauffée extérieurement et, lorsque ces objets étaient parvenus à une température convenable, dépendant de la nature des objets, à envoyer dans la cornue de la vapeur d'eau surchauffée à 500 degrés centigrades environ. La décomposition de la vapeur d'eau par le fer rouge amenait la production d'une couche d'oxyde magnétique de la composition Fe^3O^4, dont l'épaisseur variait selon la durée de l'opération comprise entre 6 et 18 heures. L'oxyde ainsi formé est noir, mais lorsque es objets sont retirés du moufle ils ont une teinte brillante couleur de prune.

Ce procédé, tel qu'il était appliqué par le professeur Barff, était très coûteux à cause de l'emploi de la vapeur surchauffée et de la nécessité de faire usage d'un moufle en fer chauffé par l'extérieur. Aussi, malgré la beauté des résultats obtenus, le procédé ne se répandit pas.

MM. Bower père et fils apportèrent alors des modifications importantes qui rendirent le procédé tout à fait pratique en supprimant les difficultés de la première manière d'opérer.

Ce ne fut qu'à la suite d'une longue série d'expériences exécutées avec beaucoup de méthode et de persévérance. Le point de départ était la décomposition par le fer de l'acide carbonique à une température élevée. Il se produit la réaction suivante :

$$3\ Fe + 4\ CO^2 = Fe^3O^4 + 4\ CO.$$

il se forme de l'oxyde magnétique à la surface du fer et de l'oxyde de carbone.

En réalité, les choses ne se passent pas aussi simplement, et l'oxyde qui se produit, au lieu d'être de l'oxyde magnétique seul, est un mélange de divers oxydes de fer.

Au lieu d'opérer dans un moufle chauffé par l'extérieur, les inventeurs eurent l'idée très heureuse de placer les objets de fer ou de fonte dans le four même, en contact, par conséquent, avec les produits de la combustion qui les chauffent. La difficulté qu'il y avait à obtenir

du premier coup le degré d'oxydation convenable amena à trouver la forme définitive du procédé, c'est-à-dire une première oxydation amenant à la surface du métal la production d'oxyde magnétique et de sesquioxyde de fer au-dessus et une réduction ultérieure transformant le sesquioxyde en oxyde magnétique.

Ces réactions s'expliquent très bien. Le sesquioxyde de fer formé par l'exposition du fer à la flamme oxydante se convertit au contact du fer en oxyde magnétique par la réaction.

$$4\ (Fe^2\,0^3) + Fe = 3\ (Fe^3\,0^4).$$

puis à la fin le sesquioxyde de fer formant la couche supérieure repasse en présence d'une atmosphère réductrice à l'état d'oxyde magnétique par la réaction

$$3\ (Fe^2\,0^3) + CO = 2\ (Fe^3\,0^4).$$

ou par celle-ci qui est analogue

$$3\ (Fe^2\,0^3) + C = 2\ (Fe^3\,0^4) + CO.$$

On emploie ordinairement comme combustible de la houille, mais aux États-Unis on a obtenu de très bons résultats avec de la sciure de bois et aussi avec du pétrole.

Bien que, dans les réactions ci-dessus, il ne soit pas question de vapeur d'eau, son emploi n'a pas été abandonné ; la vapeur d'eau surchauffée est introduite pendant une heure ou deux à la fin du traitement pour assurer la constance de composition de la couche d'oxyde, lui donner du lustre et, paraît-il, augmenter sa ténacité. Les pièces à traiter ne doivent pas être portées à une température supérieure au rouge naissant et la vapeur doit être à une température supérieure. La rapidité de l'opération a été considérablement augmentée, car les pièces qui ont à subir les actions oxydantes les plus actives ne restent que 8 ou 9 heures en traitement, tandis que celles qui sont moins exposées ne restent que de 2 à 4 heures. S'il y a des parties à protéger, telles que des surfaces polies ou des pas de vis, on les recouvre de plâtre avant de mettre les pièces au four.

M. Maynard cite diverses observations faites par M. Flamache, ingénieur aux chemins de fer de l'État belge, et publiées dans la *Revue Universelle* de Liège.

L'acide chlorydrique étendu au dixième convertit l'oxyde magnétique en sesquioxyde qui se dissout et laisse à nu le métal.

Une solution de soude caustique n'a aucun effet. S'il y a une fente dans la couche protectrice, la rouille se produit à cette place, mais reste localisée.

Bien que l'adhérence de cette couche soit considérable, elle n'est pas suffisante pour permettre de traiter les objets ainsi préparés comme les objets ordinaires. Cependant on a pu enfoncer dans le bois des clous préparés et les en arracher. On peut percer des trous

dans des pièces préparées sans que l'enduit s'arrache sur le bord des trous. Le traitement n'altère pas la résistance du métal.

Si on soumet une pièce préparée à des efforts de traction ou de compression, l'oyde reste adhérent au fer jusqu'à ce qu'on atteigne la limite d'élasticité.

Des coups de marteau font sauter l'oxyde ; le rivetage enlève la couche à un centimètre de distance autour de la tête du rivet ; le cisaillage arrache également l'oxyde sur une certaine étendue.

En conséquence, on ne saurait employer le procédé Bower-Barff pour les objets qui doivent ultérieurement être travaillés mécaniquement.

La couche d'oxyde magnétique peut être réduite à une très faible épaisseur, auquel cas elle suffit pour protéger les objets contre des actions oxydantes qui ne sont pas très violentes et donne des effets très artistiques.

M. Maynard cite comme l'exemple le plus concluant de l'efficacité du procédé Bower-Barff l'application à des urinoirs qui ont pu rester en service constant pendant six mois sans montrer de traces de rouille. Aucune peinture, émaillage ou enduit n'avait pu fournir le même résultat. On a fait aussi l'application de ce procédé pour des pompes de mines opérant sur des eaux acides, le métal ainsi préparé résistant à l'action de dissolution du sulfate de cuivre.

On devait aussi l'employer pour les tubes des économiseurs (réchauffeurs d'eau d'alimentation) de Green qui, lorsqu'on les fait en fer, se détruisent avec une extrême rapidité sous l'action des gaz de la combustion, mais nous ne connaissons pas les résultats de ces applications.

Fabrication du sodium. — Des perfectionnements importants, dans la fabrication du sodium, ont été introduits récemment par M H. Y. Castner, de New-York et ils ont été appliqués avec succès dans une usine expérimentale à Londres, d'après ce que nous lisons dans les journaux anglais.

Jusqu'ici on préparait le sodium et le potassium au moyen d'un mélange de carbonate de soude ou de potasse avec du charbon et de la chaux, calciné à la chaleur rouge et chauffé ensuite dans des cornues en fer à une température de 800 degrés centigrades. Le métal alcalin se vaporise et sort avec les gaz par un tube aboutissant à un condenseur.

On n'obtient ainsi qu'une proportion assez faible du métal et l'usure des appareils est considérable ; on peut estimer la dépense de ce chef à 3 francs par kilogramme de sodium obtenu.

Dans le procédé Castner, on se sert de grands creusets en acier coulé. On y charge de la soude caustique et un mélange en poudre fine de charbon et de fer qui est l'agent de réduction. Ces creusets

sont chauffés d'abord à température modérée dans un petit fourneau de manière à expulser l'hydrogène provenant de la soude caustique, et à fritter la matière, puis ils sont introduits dans des fours de plus grandes dimensions où la température s'élève à 850 degrés centigrades, le sodium s'y met en liberté et passe avec les gaz par un tube ajusté au couvercle du creuset dans un condenseur où il se solidifie.

On ne dépense que 25 tonnes de combustible par tonne de sodium, tandis qu'avant on en consommait 75 ; mais l'avantage principal est la suppression de l'usure des cornues, car les creusets d'acier ne s'altèrent pour ainsi dire pas. Un creuset peut fournir 200 opérations, de sorte que son prix ne représente pas 20 centimes par kilogramme de sodium obtenu. Un four peut produire 50 à 60 kilogs de sodium par jour, soit 16 tonnes par an.

Le prix des matières employées est très faible ; aussi peut-on vendre le métal obtenu par ce procédé à raison de 3 francs le kilogramme. Ce prix amènera certainement une grande diminution dans le prix de l'aluminium et du magnésium et une extension de l'emploi de ces métaux.

Cette question a un grand intérêt pour la fabrication du métal Mitis où il entre de l'aluminium. (Voir chronique de décembre 1886, p. 805.)

Eclairage électrique des établissements industriels. — *Le Bulletin de la Société industrielle de l'Est* contient un très intéressant travail de M. A. Bayon, ingénieur des arts et manufactures, sur le prix de revient de l'éclairage électrique dans quelques établissements industriels.

L'auteur constate que l'éclairage électrique a pris un développement considérable dans les établissements industriels de la région de l'Est et il donne des renseignements sur 21 installations qui fonctionnent pratiquement avec des résultats plus ou moins avantageux.

Nous citerons parmi ces installations les suivantes :

La filature de Blainville-sur-l'Eau est d'une très grande importance ; elle possède 46.000 broches et expédie environ 3 900 kilogrammes de coton par jour.

Son installation d'éclairage électrique a été faite par la Société Edison et comprend 420 lampes à incandescence de 16 bougies.

Sur ce nombre 150 lampes seulement fonctionnent nuit et jour à l'atelier de préparation.

La force motrice pour l'éclairage est fournie par une turbine Girard de 50 chevaux avec régulateur Desbrières.

Avant l'installation de la lumière électrique, la filature s'éclairait au gaz qu'elle fabriquait elle-même, et la consommation annuelle se chiffrait par une dépense de plus de 12 000 francs. Aujourd'hui les frais d'entretien proprement dit sont minimes ; seulement le prix un peu trop élevé qu'a coûté cette installation (60 000 francs) constitue une

charge nouvelle qui met son exploitation dans des conditions défavorables.

Malgré cela, les résultats justifient encore le choix de la lumière électrique en raison de ses nombreux avantages. Le gaz avait le grand inconvénient de noircir le coton, de salir les murs des ateliers dont il fallait refaire périodiquement le crépissage. Enfin avec l'ancien éclairage, chaque campagne donnait lieu à deux ou trois alertes sérieuses d'incendie; rien de pareil ne s'est produit depuis.

En Allemagne, les compagnies d'assurances encouragent le développement de la lumière électrique par le rabais de 10 0/0 sur les primes fait à ce nouvel éclairage.

Cette considération peut donc être d'un certain poids dans le choix de l'éclairage; mais rien de semblable ne s'est encore introduit en France. Ce serait cependant, pour les compagnies d'assurances, comprendre leurs vrais intérêts.

Les dynamos sont du système Edison.

L'installation comprend 2 dynamos de 200 lampes chacune, couplées en tension.

Ces machines font 1 200 tours par minute et marchent à 110 volts et 175 ampères.

Les poulies de commande des dynamos ont 0,30 *m* de diamètre et 0,20 *m* de largeur.

Les 420 lampes sont divisées en 24 groupes distincts numérotés de 1 à 24 et suivant la répartition du travail dans les ateliers; à chacun de ces groupes correspondent un interrupteur et une résistance.

Ces 24 groupes sont divisés ensuite en batterie supérieure et batterie inférieure, comprenant chacune 12 groupes; à chacune de ces batteries correspond un interrupteur pouvant éteindre 200 lampes à la fois.

Enfin, comme mesure de sécurité, deux interrupteurs généraux unissent les pôles négatifs des dynamos qui restent ainsi en dehors de toutes les éventualités qui peuvent se produire dans les conducteurs.

Le nombre des circuits est donc de 24; les interrupteurs se trouvent sur le pôle négatif; les conducteurs positifs sont réunis en câble.

L'éclairage fonctionne depuis deux ans et demi.

La force motrice étant fournie par la chute d'eau, il n'y a qu'à considérer les dépenses provenant du remplacement des lampes et de l'entretien du matériel.

Si on examine la période du 1er octobre 1884 au 30 septembre 1885, on trouve que, pour 465 156 heures d'éclairage, il y a eu 460 lampes cassées.

La dépense provenant du remplacement de lampes a donc été de 460×5 francs $= 2\,300$ francs, soit environ 0,005 *f* par heure.

Du 1er janvier au 1er septembre 1886, on trouve 255 lampes cassées pour 376 828 heures d'éclairage; soit 0,0034 *f* par heure.

L'entretien des dynamos exige une paire de balais par an pour chacune . . . . . Fr.	40
Chiffons, graissage, etc.	100
Un mécanicien spécial, chargé de la conduite des dynamos, du remplacement des lampes et de toutes les réparations, est payé	1.200
L'intérêt à 5 0/0 et l'amortissement à 10 0/0 sur le prix de l'installation, qui est de 60 000 francs, constituent une charge annuelle de	9.000
Total. . . . . Fr.	10.340

En ajoutant 1,940 francs pour le remplacement des lampes hors de service, on a un chiffre total de 12,280 francs qui fait ressortir le prix de l'heure de lampe à 2 centimes et demi en nombre rond.

Un second exemple que nous citerons est celui des établissements de M. Luc, à Nancy.

Cette installation, également faite par la Société Edison, contient deux parties: la corroirie et l'usine d'extraits.

La corroirie comprend : 202 lampes à incandescence, dont 5 de 16 bougies et 197 de 10 bougies. Cette partie était primitivement éclairée au gaz.

L'usine d'extraits comprend : 58 lampes à incandescence, dont 4 de 16 bougies, 54 de 10 bougies et 3 lampes à arc, système Pieper, de 500 bougies chacune.

Les bureaux et l'habitation particulière comprennent encore :

1 lampe de 16 bougies et 23 lampes de 10, ce qui donne un total de 276 lampes de 10 bougies, 10 lampes de 16 bougies et 3 lampes à arc Pieper de 500 bougies.

(A suivre.)

Le mouvement de la circulation à Londres. — Nous trouvons dans le *Bulletin du Ministère des Travaux publics* les renseignements ci-après sur le mouvement de la circulation à Londres.

Les communications à l'intérieur de Londres sont assurées par quatre grands réseaux : le *Metropolitan Railway*, le *District Railway*, le *General omnibus Company* et les tramways.

En 1886, chaque habitant de Londres a fait en moyenne 90 voyages dans les voitures de ces Compagnies, sans compter les courses effectuées dans les London-Road-Cars et les omnibus particuliers très nombreux à Londres, ni sur les lignes suburbaines telles que le *Metropolitan Extension* ou le *North-London*.

Cette moyenne, tout élevée qu'elle est, est encore notablement au-dessous de celle qu'accuse le mouvement des voyageurs à New-York où les transports des lignes aériennes et des tramways donnent un

chiffre annuel de 200 voyages par habitant. Cette différence considérable ne résulte pas seulement d'habitudes ou de conditions topographiques différentes, mais doit être attribuée surtout aux facilités plus grandes de déplacement qu'on rencontre à New-York.

La ville de Londres pourrait facilement fournir un nombre de voyageurs double ou triple du chiffre actuel, si elle possédait des moyens de communication rapide plus parfaits: on s'en assurera en comparant le chiffre de la circulation de 1864 à ceux des années 1874 et 1884 et en constatant les progrès réalisés par l'établissement des chemins de fer souterrains et des tramways.

En 1864, la *Metropolitan Railway Company* et la *General omnibus Company* existaient seules: la première transportait annuellement 42 millions de voyageurs et la seconde 11 millions, soit près de 18 fois la population de la ville qui comptait à cette époque 2 940 000 habitants. La recette moyenne par voyageur s'élevait à 35 centimes pour les omnibus et à 25 centimes pour les chemins de fer.

Entre les années 1864 et 1874 deux nouvelles voies de communication, le *District Railway* et le réseau des tramways, vinrent s'ajouter aux deux premières et offrir à la population de plus grandes facilités de transport. A la fin de 1874, le nombre total de voyageurs se montait déjà à 155 millions répartis comme suit entre les différentes Compagnies.

General omnibus Company	48	millions
Metropolitan railway	44	—
District railway	21	—
Tramways.	42	—
Total	155	millions.

La population de Londres étant alors de 3 420 000 habitants, on voit que chacun d'eux avait circulé en moyenne 45 fois sur une des lignes urbaines, tandis qu'en 1864, cette moyenne n'était que de 18, En outre, le public s'était accoutumé à user de ces moyens de transport pour des trajets beaucoup plus courts, comme le montre l'abaissement de la recette moyenne par voyageur qui était tombée respectivement pour les quatre Compagnies à 27, 25, 24 et 21 centimes. Il faut ajouter, il est vrai, que ce résultat était dû en partie à la concurrence que les tramways faisaient aux grandes lignes.

De 1874 à 1884, le réseau des tramways se développa rapidement, en même temps que les chemins de fer se ramifiaient dans les districts suburbains et même au delà.

En 1884, la circulation sur les quatre grandes lignes atteint le chiffre de 308 millions de voyageurs, soit pour une population de 4 millions d'habitants, une moyenne annuelle de 77 voyages par habitant.

Il résulte des chiffres qui précédent que, dans l'espace de vingt

années, la population a augmenté de 36 0/0, la moyenne annuelle des voyages par habitant de 330 0/0 et le mouvement total de la circulation de 500 0/0. Et encore ces chiffres ne comprennent-ils pas les nombreux porteurs de cartes d'abonnement qui descendent chaque jour aux quatorze grandes stations de chemins de fer de Londres et qui autrefois prenaient l'omnibus pour se rendre à leurs affaires.

Lampe électrique de mines. — A la dernière séance de la Société géologique de Manchester, le 7 juin, le secrétaire honoraire, M. J.-S. Burrows, a présenté une lampe électrique portative pour mines fabriquée par la Société Edison et qui a été expérimentée avec les résultats les plus satisfaisants aux houillères d'Atherton.

La lampe consiste en une petite caisse en bois suspendue à une courroie, laquelle contient un accumulateur et une lampe à incandescence, le tout pesant seulement 3 200 grammes.

La lampe fournit une lumière de 2 bougies et demie pendant 14 à 15 heures, après quoi elle doit être rechargée au moyen d'une machine dynamo. Elle est placée en avant de l'accumulateur et séparée de celui-ci par un réflecteur; elle est protégée par une glace,

L'accumulateur est muni d'un commutateur pour éteindre la lampe, la mettre en action et aussi maintenir l'intensité de la lumière lorsque l'accumulateur commence à s'épuiser.

M. Burrows a constaté que cette lampe donne plus de lumière que quatre lampes Marsaut; elle est très portative et son poids n'est pas assez considérable pour donner lieu à objection.

M. Williamson, représentant de la Compagnie Edison, a ajouté à ces renseignements que la dépense de ces lampes serait très peu élevée, parce qu'on a déjà dans les mines la force motrice, laquelle peut être prise par exemple sur la machine du ventilateur. On peut charger les lampes pendant la nuit, de manière à ce qu'elles soient prêtes le matin pour la journée.

Les filaments peuvent durer 500 heures avant d'avoir besoin d'être renouvelés; ce n'est que la moitié de ce qu'on compte ordinairement, mais on a tenu compte des conditions du service que feraient ces lampes et des chocs auxquels elles pourraient être exposées, bien que l'appareil soit disposé pour les protéger de la manière la plus efficace possible.

La seule objection est le prix qui ne paraît pas pouvoir être abaissé au-dessous de cinquante francs; on a paru généralement trouver que cette raison était de nature à empêcher l'adoption générale de ce système; on pourrait toutefois l'employer comme lampes de secours en cas d'accident, après une explosion par exemple. Ces renseignements sont extraits de l'*Iron*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

AVRIL 1887

Rapport de M. le colonel SEBERT sur un **casier numérateur** à l'usage des écoles, inventé par M. HAMILLE.

Cet appareil, destiné à faciliter l'enseignement de la numération et du calcul dans les écoles, est dérivé du boulier bien connu. Il en diffère en ce que les tringles sont verticales et les boules remplacées par des cubes pouvant tourner isolément sur les tringles et présenter successivement deux de leurs faces, dont l'une est peinte en rouge et l'autre, peinte en blanc, porte un numéro d'ordre.

L'appareil comporte 10 rangées de 10 cubes chacune, entourées d'un cadre de manière à former un tableau, dont une des faces forme le casier numérateur proprement dit.

Deux des côtés du cadre sont numérotés de 0 à 9, en regard des cases qui renferment les cubes, savoir : le côté supérieur de gauche à droite, et le côté gauche de haut en bas. Le côté droit est numéroté de 10 à 100.

Les faces blanches des cubes, qui forment la table des numérations, sont numérotées de 0 à 99 en suivant de gauche à droite par rangées horizontales; la première rangée porte les chiffres de 0 à 9, la seconde ceux de 10 à 19, et ainsi de suite jusqu'à la dernière, qui renferme les chiffres de 90 à 99.

Cette table sert à faire des exercices variés sur la numération, la formation des nombres, etc., et aux opérations d'addition et de soustraction.

La face opposée dn tableau sert de table de multiplication.

Rapport de M. L. PRUNIER sur les **bourrelets métalliques** de M. CAMBON.

Ces bourrelets, destinés au calfeutrage des portes et fenêtres des appartements, se composent d'un tube en caoutchouc maintenu en

place par une gaine en zinc munie d'un prolongement que l'on peut clouer ou visser à l'endroit convenable, pour obtenir la fermeture. Ces bourrelets constituent un mode d'obturation évidemment efficace; ils fonctionnent, dès à présent, dans plusieurs établissements publics ou particuliers. Leur durée est, de plus, bien supérieure à celle des bourrelets employés ordinairement.

Rapport de M. G. Roy sur l'**École professionnelle de chapellerie**, fondée par M. Coumes.

Cette école existe à Villenoy près de Meaux; elle est dirigée par M. Coumes, qui en supporte les frais, sauf une modique subvention de l'Assistance publique. Elle comporte 20 élèves âgés de treize à dix-huit ans.

Notice sur M. Thirion, membre du Conseil, par M. Schlemmer, membre du Conseil.

Extrait d'une note sur les **mesures pyrométriques à hautes températures**, par MM. Lauth et Vogt.

Nous avons rendu compte de ce travail dans le Bulletin de mai, page 794, à l'occasion d'une communication à la *Société de l'Industrie minérale*.

Sur le **grossissement des lunettes**, par M. Félix Teynard.

Pile Roberts, au peroxyde de plomb, par M. Wetzler.

Cette pile jouit de la propriété de ne pas se polariser. et peut rester en activité des jours entiers, grâce à l'emploi du peroxyde de plomb.

Ce peroxyde de plomb peut être obtenu sous une forme consistante en ajoutant du minium à du permanganate de potasse en poudre; si on ajoute un acide, tel que l'acide chlorhydrique, l'acide permanganique mis en liberté transforme le minium Pb^2O^3 en peroxyde PbO^2; la masse étant semi-liquide, on l'introduit dans un moule contenant une électrode de charbon; elle se prend rapidement, et, lorsqu'elle est sèche, elle est poreuse et dure comme le charbon.

On l'emploie au lieu de charbon dans une pile à acide, et on obtient un courant constant.

On obtient le meilleur résultat avec une solution de sel marin additionnée d'une faible quantité de bichromate de soude.

Un élément de dimensions ordinaires fournit de 3 à 4 ampères.

Nouvelle méthode de **fabrication des filaments de charbon** (Extrait de *la Lumière électrique*).

De l'**usage des acides pour l'impression** sur les étoffes bleues (Extrait du *Dingler's polytechnisches Journal*).

Moteur à nitro-glycérine (Extrait du *Dingler's polytechnisches Journal*).

Voltmètre et **Ampèremètre** d'Edelmann (Extrait du *Dingler's polytechnisches Journal*).

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

AVRIL 1887.

Les **voies de communication en Norwège**, par MM. Albert Petsche et André Delebécque, Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

Parmi ces voies de communication, dans un pays où la pêche et le commerce maritime tiennent le premier rang, la mer, les rivières et les lacs constituent les plus importantes.

Les travaux maritimes sont des plus simples; les plus considérables sont ceux du port de Throndhjem, consistant en un nouveau port pris tout entier sur la mer avec des môles en maçonnerie sur enrochements.

Ce travail, y compris les gares de chemins de fer, les bâtiments, etc., a coûté 5 1/2 millions de francs, dont 2 millions ont été fournis par la ville et le reste par l'État.

Les rivières ne sont guère navigables en Norwège, mais elles rendent toutefois de grands services comme moyens de transport, grâce au flottage. Il y a un grand nombre de lacs navigables.

Les routes ont un développement assez restreint et sont établies d'une manière très primitive, sauf quelques exceptions. Le mémoire entre dans de grands détails sur l'organisation de ce service.

Les chemins de fer ont reçu un assez grand développement. La première ligne, celle de Kristiania à Eidsvold, a été construite en 1851-54, sous la direction de Robert Stephenson. Il y a actuellement 1 550 kilomètres en exploitation, dont 592 à voie normale et 968 à voie étroite, ce qui donne 8,5 kilomètres par 10 000 habitants et 4,90 kilomètres par 1 000 kilomètres carrés.

A ce réseau doit s'ajouter un certain nombre de nouvelles lignes dans un avenir plus ou moins éloigné.

Les chemins de fer ont été établis avec la préoccupation d'éviter les travaux d'art; aussi le tracé est-il sinueux et accidenté; les courbes descendent à 250 mètres pour la voie normale et à 170 mètres pour la voie étroite. Le maximum des inclinaisons est, en général, de 20 millièmes. Il y a dans tout le réseau 99 tunnels d'une longueur totale de 14 kilomètres, dont le plus long a 1 286 mètres.

On a dû se préoccuper de la défense contre les neiges; ce sont des murailles de bois de 3 mètres de hauteur établies très rustiquement sur les tranchées. Dans certains passages, on a dû construire sur la voie ferrée de véritables tunnels en planches de plusieurs centaines de mètres.

Il y a beaucoup d'ouvrages en bois, établis avec une rare perfection; les piles sont généralement en maçonnerie et les poutres de modèles américains. Il y a toutefois des viaducs posés sur des piles en charpente, ainsi le viaduc de Drojadal a 8 travées de 14 mètres et 1 de 31 mètres dont les supports ont une hauteur maxima de 42 mètres.

Dans ces dernières années, la cherté relative des bois et les difficultés d'entretien ont fait recourir plus fréquemment à l'emploi du métal. Il y a quelques ponts et viaducs en fer assez importants. Il n'existe point d'ouvrages entièrement en maçonnerie.

Le matériel est assez restreint. Les locomotives sont toutes à 2 et 3 essieux moteurs souvent avec boggies ou bissels; leur poids varie de 14 à 30 tonnes pour la voie normale et de 8 à 20 pour la voie étroite

Les voitures à boggies commencent à être très employées; la plupart des trains ne contiennent que la deuxième et la troisième classe et, en hiver sur certaines lignes, les trains ne comportent qu'une voiture contenant les compartiments de ces deux classes, celui de la poste et un emplacement pour les bagages.

Les voitures sont éclairées par des bougies à cause du froid qui congèle l'huile; elles sont chauffées par des poêles, et il y a des doubles fenêtres.

La vitesse est très modérée, elle ne dépasse guère 20 à 30 kilomètres et atteint 35 pour les trains directs seulement.

Expériences nouvelles sur la **poussée du sable**, par M. SIEGLER, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ces expériences ont eu pour but d'élucider diverses questions de principe encore obscures dans la théorie de la poussée des terres; elles ont notamment démontré que la poussée d'un massif de sable sur un mur de soutènement à paroi intérieure verticale n'est pas perpendiculaire à ce parement et qu'il y a une composante qui se trouve dans le plan même du parement.

On a employé dans ces expériences un dynamomètre à frottement

formé d'une lame de fer dont le glissement est déterminé par des poids. On n'a pas une exactitude très considérable, mais cela suffit pour les expériences. En tout cas, l'emploi du dynamomètre à frottement, permettant de mesurer les forces sans déplacer leur point d'application, permet d'éliminer les causes d'erreurs que comportent un grand nombre d'expériences relatives à la poussée des terres.

L'auteur a pu ainsi mettre en évidence et mesurer la composante de la poussée qui se trouve dans le parement intérieur d'un mur soutenant un massif de sable. Cette composante est distincte du frottement qui se produit entre le sable et le mur quand celui-ci commence à se déplacer; elle existe à l'état de repos, par suite de la tendance au tassement que possède le sable, et elle augmente la pression que le mur exerce sur ses fondations.

ANNALES DES MINES

6e livraison de 1886.

Note sur la **loi de 1886 sur les mines de houille** de la Grande-Bretagne, par M. AGUILLON, Ingénieur en chef des Mines.

Cette loi du 25 juin 1886 a pour objet d'introduire dans la loi du 10 août 1872 qui régit l'exploitation des mines de houille et autres substances assimilées, telles que le minerai de fer en couche, le schiste argileux et l'argile réfractaire, trois modifications. Celles-ci ont trait : 1° au contrôleur de pesage; 2° à l'enquête des coroners, à la suite d'accidents ayant entraîné mort d'homme; 3e à un genre d'enquête administrative spéciale en cas d'accidents de mines.

Le contrôleur de pesage est élu par les ouvriers pour vérifier les pesées lorsqu'ils sont payés au poids; ces contrôleurs, institués par la loi de 1872, sont payés par les ouvriers, et la loi de 1886 dispose que ces contrôleurs pourront désormais être pris en dehors du personnel de la mine et rémunérés au moyen d'une retenue effectuée par le propriétaire de la mine sur les salaires des ouvriers.

D'après la loi de 1872, tout accident de mines suivi de mort d'homme doit donner lieu à l'enquête du coroner. La loi de 1886 autorise les parents des victimes à y participer et à interroger les témoins par l'entremise d'un agent de leur choix.

Enfin la même loi établit ponr les accidents de mines une procédure analogue à celle que la loi du 12 juillet 1882 avait organisée pour les explosions de chaudières, c'est-à-dire qu'il peut être constitué des commissions spéciales formées de personnes, désignées par le ministre, ayant une compétence technique ou juridique spéciale ; ces commissions ont, pour arriver à la découverte de la vérité, tous les pouvoirs d'une véritable autorité judiciaire.

Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1884 et 1885 par les ingénieurs des mines dans les laboratoires départementaux.

Étude et enquête sur les **conditions d'installation et de fonctionnement des chaudières** de première catégorie chauffées par les flammes perdues des foyers métallurgiques.

On sait que les chaudières verticales chauffées par des fours ont donné lieu à trois grands désastres, savoir : à Commentry en 1874, à Marnaval en 1883 et à Eurville en 1884.

Il avait été fait en 1878 une première enquête, et une seconde a eu lieu en 1885.

Cette dernière constate qu'il existe actuellement, en France, 805 chaudières verticales, dont 537 simples et 209 de forme complexe, c'est-à-dire à deux corps ou à bouilleurs, tubes, etc. ; 406 sont timbrées à 5 kilogrammes et au-dessous, et 399 au-dessus de 5 kilogrammes.

Sur ces chaudières 86 pour 100 sont situées dans des ateliers.

On n'en compte que 16 pour 100 dont les rampants amènent les flammes tangentiellement ; la murette réfractaire de protection n'existe que dans 58 pour 100, mais elle n'est efficace que dans une partie de celles-ci, soit 31 pour 100, de sorte qu'on peut dire qu'il y a 27 pour 100 des chaudières insuffisamment protégées et 42 pour 100 entièrement dépourvues de protection au coup de feu.

Il y a déjà 16 pour 100 des générateurs de ce genre munis de clapets de retenue.

De 1865 à 1885 exclusivement, on compte 13 accidents ayant entraîné la mort de 103 personnes, et des blessures à 161. Deux accidents sont indépendants de la forme de la chaudière, quatre sont attribuables au manque d'eau amené par la difficulté de surveiller ce niveau dans les chaudières verticales de grande hauteur ; enfin sept sont dus à la corrosion des tôles ; de ces derniers quatre ont eu lieu avec des murettes placées immédiatement sur les tôles, et trois sans aucune protection des tôles contre le coup de feu.

La moyenne des accidents de chaudières en France, pour les six années 1878 à 1883, donne par an 1 accident pour 2 750 appareils, 1 tué par 2 350 appareils, et 1 blessé par 2 350 appareils.

L'emploi des chaudières verticales pendant 21 années a donné une moyenne annuelle de 1 accident par 1 212 appareils, 1 tué par 152 appareils, et 1 blessé par 96 appareils.

La sous-commission estime qu'il y a lieu d'exiger de l'industrie des mesures spéciales aux chaudières verticales chauffées par les flammes perdues des fours métallurgiques, telles que l'établissement de murettes de protection bien disposées ; il y a d'autres mesures qui s'appliquent également aux autres genres de chaudières, telles que les clapets automatiques.

Rapport sur l'**explosion de la chaudière du bateau à vapeur le « Tape-Dur »** à l'écluse de Bougival, par M. A. MICHEL-LÉVY, ingénieur en chef des mines.

Cette explosion a eu lieu le 19 mai 1886 et a causé la mort de deux personnes et des blessures à deux autres. Les dégâts matériels ont été très importants ; le bateau a été mis en pièces.

La chaudière était une chaudière type de locomotive, dont le corps cylindrique de 1 232 de diamètre et 3 mètres de longueur contenait 99 tubes en fer ; la boîte à feu était de forme parallélipipédique avec ciel en demi-cylindre armé de cornières dans le sens de la longueur ; la surface de chauffe était de 75 mètres carrés et le timbre de 9 kilogrammes.

Le rapport émet l'avis que :

1° La cause de l'explosion réside dans la rupture préalable et déjà ancienne de cinq entretoises juxtaposées sur la face plane latérale de gauche de l'enveloppe du foyer. Cette rupture a isolé une vaste surface plane de l'enveloppe et en a favorisé l'arrachement consécutif. (Ces entretoises étaient d'ailleurs beaucoup trop espacées, 0,20 sur 0,20, tandis que cet espacement n'aurait pas dû dépasser 0,10.)

2° Des visites intérieures soignées, conformément aux prescriptions de l'article 65 du décret du 9 avril 1883, auraient permis de constater cette dangereuse avarie.

3° Le mécanicien et le chauffeur sont blâmables d'avoir entièrement abandonné, pendant la durée de l'éclusage, la conduite de la chaudière à l'aide chauffeur.

4° Il convient, par M. le Ministre des Travaux publics, de rappeler aux commissions de surveillance locale que le paragraphe 4 de l'article 4 du décret du 9 avril 1883 les autorise à exiger la consolidation efficace des parois planes des chaudières des bateaux à vapeur.

La commission centrale des machines à vapeur a adopté cet avis.

Analyse synoptique des rapports officiels sur les **accidents de grisou en France**, de 1817 à 1884. — **Tableaux résumés** et comparaisons avec les pays étrangers, par M. CH. LALLEMAND, Ingénieur en chef des mines.

Actes de courage et de dévouement au sujet d'accidents arrivés dans les mines et carrières en 1885 et 1886.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 7 mai 1887.

Communication de M. GUASCO sur les **poteaux télégraphiques en métal.**

Il s'agit d'un modèle de poteau métallique dû à M. Delorme, ancien contremaître au laminage des usines de Fraisans. C'est un fer à section en croix ou en Y à ailettes symétriques. A la base, les ailettes sont sciées dans le centre sur une certaine longueur, de manière qu'on puisse sur le chantier les écarter pour constituer l'embase. Le poteau à section en croix pèse 20 kilogr. et le poteau à section en Y 16 kilogr. Ce serait un débouché important pour l'industrie métallurgique du pays, car la France est en partie tributaire de l'étranger pour les poteaux en bois, dont la durée est faible par rapport à celle des poteaux métallurgiques.

Commuication de M. SIMON sur la **mobilisation des ouvriers mineurs**, notice publiée par M. COURIOT.

DISTRICT DU NORD.

Note de M. DINOIRE sur une **barrière automatique** installée à la tête d'un plan incliné aux mines de Lens.

Cette barrière automatique se déclanche par la berline vide à son arrivée sur le plat et, pour le passage de la berline chargée, elle est levée et accrochée par le hercheur. Elle est formée d'un tube en fer de 42 *mm* de diamètre et 2,20 *m* de longueur suspendu à l'arbre par deux bras entretoisés par une croix de Saint-André. Pour limiter la course, deux arrêts sont placés sur les bois du centre, l'un à 0,80 *m* au-dessus du sol, l'autre à 1,15 *m*.

La berline chargée étant accrochée à la tête du plan incliné et le signal donné par l'accrocheur du pied, le hercheur remet d'abord le crochet dans la position de retenue, puis il lève sa barrière en la prenant par le point qui est le plus à sa portée. L'effort de levée est de 5 kilogr.

La berline chargée passe alors sous la barrière en faisant mouvoir le déclic dans le sens libre et, lorsque la berline vide arrive à l'autre déclic, le déclanchement s'opère, la barrière tombe d'abord sur la berline, puis sur les arrêts du bois.

Note de M. Dinoire sur la **poulie Champigny.**

On a établi aux mines de Lens un grand plan incliné de 180 mètres de longueur et 25 degrés de pente devant descendre 600 berlines par jour.

Ce plan avait d'abord été muni d'une poulie à large gorge de 0,70 *m* de diamètre et d'un câble en chanvre de 32 *mm* de diamètre faisant un tour et demi sur la poulie. L'adhérence était suffisante pour descendre trois berlines à la fois, mais les câbles duraient à peine quinze jours, les berlines se brisaient à chaque rupture et le frein devait être réparé tous les mois.

On a alors pensé à employer une poulie Champigny à grande adhérence, de 0,80 *m* de diamètre avec câble métallique de 18 millimètres.

Cette poulie est formée de deux couronnes entretoisées par des cales et réunies par des boulons. L'angle de la gorge est de 30 degrés et le vide entre les deux couronnes n'est que de 12 *mm*, c'est-à-dire les 0,70 du diamètre du câble. La poulie montée en 1884 a duré deux ans, et sa rupture est due à la dilatation causée par un échauffement du frein, les câbles durent de 25 à 130 jours de travail.

L'usage de cette poulie a été étendu à toutes les fosses de la Société des mines de Lens.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 23. — 4 *juin* 1887.

Systèmes divers de transmissions pour marteaux mécaniques, par H. Haedicke.

Procédés de reproduction au point de vue des dessins techniques, par H. Maihak *(fin)*.

Propriété industrielle. — Grenades pour éteindre le feu.

Groupe de Bavière. — État actuel de l'éclairage électrique.

Groupe du Rhin inférieur. — Le Rhin considéré comme voie commerciale et son tirant d'eau. — Manière de se comporter du fer et de l'acier à la chaleur.

Patentes.

Variétés. — Ordre du jour de la 16e réunion générale des délégués des associations allemandes de surveillance de chaudières à vapeur.

N° 24. — 11 *juin* 1887.

Ordre du jour de la 28e assemblée générale de l'Association, les 15, 16 et 17 août, à Leipzig.

Pont Charlotte sur le Havel à Spandau.

Petites installations Bessemer et leur progrès par W. Stercken.

Systèmes divers de transmission pour marteaux mécaniques, par H. Haedicke *(fin)*.

Groupe du Rhin inférieur. — Manière de se comporter du fer et de l'acier à la chaleur.

Patentes.

Bibliographie. — Infection des rivières, par J. Konig.

Correspondance. — Distribution d'eau de la ville d'Essen.

N° 25. — 18 *juin* 1887.

Progrès récents des chemins de fer à cremaillère, comparaison des systèmes Riggenbach et Abt, par A. Kuntze.

Petites installations Bessemer et leur progrès, par W. Stercken *(suite)*.

Construction navale. — Torpilleur de première classe de la marine russe. — Torpilleurs Schichau.

Groupe de Magdebourg. — Machines élévatoires de Francfort-sur-le-Mein. — Pompes à grande vitesse à clapets étagés.

Groupe du Rhin moyen. — Machines élévatoires de la ville de Coblentz. — État actuel de nos connaissances sur les tremblements de terre.

Patentes.

Correspondance. — Machines à triple expansion. — Installation de chaudières à vapeur à l'Hôtel de Ville de Vienne.

Variétés. — Prix proposés par l'Association allemande des mines et salines.

N° 26. — 25 *juin* 1887.

Distribution à détente par le régulateur pour machines à grande vitesse, par le Dr R. Proëll.

Petites installations Bessemer et leur progrès, par W. Stercken *(fin)*.

Progrès récents des chemins de fer à cremaillère, comparaison des systèmes Riggenbach et Abt, par A. Kuntze *(fin)*.

Exposition du jubilé à Manchester.

Groupe du Rhin moyen. — État actuel de nos connaissances sur les tremblements de terre *(fin)*.

Patentes.

Correspondance. — Appareils d'alimentation pour chaudières à vapeur. — Calcul des plaques de fondation.

Le Rédacteur de la Chronique,

A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1887

Anniversaire de la fondation de la Société (séance du 4 mars). 321

Assistance ouvrière en Allemagne, Autriche et Suisse (*Lois nouvelles d'*), par M. Gruner ; Observations de M. Simon Cantagrel (séance du 18 février) et mémoire . . . . . 205, 207 et 342

Assistance ouvrière dans certains pays étrangers et en France (*Note sur la législation des accidents et l'*). par M. Simon Cantagrel 383

Banquet du 4 mars (séances des 4 et 18 février, et 18 mars). 198, 202 et 328

Banquet commémoratif du 39e anniversaire de la fondation de la Société (*Compte rendu du*). Toasts de MM. Brüll, Molinos, Noblot, Loustau, Bertrand de Fontviolant et Poirrier. 335

Bibliographie 801

Chemins de fer de Bayonne à Biarritz, par MM. Carimantrand et Mallet A. (séance du 17 juin). Mémoire . . . . . 841 et 876

Chronique des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin, 154, 295, 462, 638, 780 et 920

Cobalt, de chrome et de fer (*Minerais de*) de la Nouvelle-Calédonie et leur emploi industriel, par M. J. Garnier; Observations de MM. Jordan et Rémaury (séances des 21 janvier, 4 et 18 février). Mémoire. 31, 185, 199 et 244

Comptes Rendus des mois de janvier, février, mars, avril, mai et juin. . . . . 161, 308, 472, 649, 791 et 930

Concours pour l'analyse de l'œuvre de Henry Giffard (séance du 6 mai). 664

Coups de foudre à Fécamp. Lettres de MM. Debar et Colladon, et observations de M. de Dax (séances des 4 et 18 février et 18 mars). 197, 200 et 320

Cubilots servant à la seconde fusion de la fonte (*La construction et le mode de fonctionnement des*), par M. Gouvy fils; Compte rendu par M. Jordan (séance du 15 avril). Mémoire. . . . . 496 et 723

Cubilots avec combustion complète de l'oxyde de carbone dans la cuve, par M. Hamélius (séance du 3 juin). Mémoire . . . . . 760 et 809

Décès de MM. Trasenster, Bonnardel, Édouard Ruault, Jalibert, Girardin, Gast, Watson Joseph, Mathiesson, Barbier, Borrel-Fontany, Lespermont, Raspail Jules et Huet Alfred (séances des 7 et 21 janvier, 4 et 18 février, 1er avril, 3 et 17 juin). . . . . 25, 26, 186, 201, 488, 808, 842 et 843

Décorations françaises :

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR : M. Violet Adolphe.

CHEVALIERS DE LA LÉGION D'HONNEUR : MM. Daydé, Leygue, Macherez et Bobin Hippolyte.

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE : M. Violet Adolphe.

Décorations étrangères :

Ordre de la Légion du Sauveur (Grèce). — Chevalier, M. Basiliades.

Diplômes (*Deux*) de médailles d'or à l'Exposition internationale des sciences et des arts industriels, décernés à M. Lencauchez pour ses fours et procédés de métallurgie, et pour ses machines, chaudières et réchauffeurs d'eau d'alimentation (séance du 18 février). 202
Discours de MM. Hersent et Brüll (séance du 7 janvier). 8
Discours de M. Brüll, président de la Société, prononcé au banquet de la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs, et au groupe de Paris de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale (séance du 21 (janvier) . . . . . 26 et 28

Électricité au transport et à la distribution de l'Énergie sous ses principales formes, chaleur, lumière, électricité, action chimique, action mécanique (*Mémoire sur les principes théoriques et conditions techniques de l'application de l'*), par M. Cabanellas. 34
Explosion de grisou dans les mines de Saint-Étienne (*Souscription*). Lettre de M. Bareyton, préfet de la Loire (séances des 4 et 18 mars, 1er avril, 3 et 17 juin) . . . . . 321, 329, 489, 808 et 849
Exposition de Toulouse (*Détails sur l'*), par M. Périssé (séance du 4 mars) 322
Exposition de 1889 (*Informations sur les travaux de fondations pour l'*), par M. Contamin (séance du 6 mai) 670

Heures de travail (*De la limitation des*), par M. G. Salomon (séance du 18 février). Mémoire. . . . . 202 et 277

Inauguration des chemins de fer en France (*L'*); sa véritable date. Note de M. Aucoc (séance du 18 février) 209
Incendie de l'Opéra-Comique. Lettre de M. Bunel (séance du 3 juin). . 809

Laurium (*Le*), par M. Huet (séance du 4 mars). Mémoire . . . 323 et 530
Loi de Mariotte (*Une nouvelle vérification expérimentale de la*), par M. Piarron de Mondésir (séance du 21 janvier). Mémoire. . . . 29 et 267

Médaille d'or décernée par la Société industrielle du Nord de la France à M. Fontaine pour son rectificateur continu d'alcool (séance du 18 février). 202
Médailles d'or décernée à M. Le Brun Raymond, pour son mémoire sur l'application des échelles logarithmiques au calcul des terrassements (séance du 17 juin). 850
Membres nouvellement admis. . . . . 7, 184, 319, 487, 663 et 807
Messageries de la Compagnie de l'Ouest (*Visite par la Société des nouvelles installations des*) (séances des 20 mai, 3 et 17 juin). 695, et 809
Métropolitain de Paris (*Rapport fait au nom de la Commission chargée d'examiner le projet de loi ayant pour objet l'établissement du réseau*), par M. Pradon, député. Résumé présenté par M. Regnard Paul (séance du 15 avril) 503
Métropolitain de Paris (*Discussion du rapport fait par M. Pradon, député, sur le*), par MM. Boudenoot, Hauet, de Nordling, Haag, J. Garnier, Auguste Moreau et Chardon (séances des 6 et 20 mai, 3 et 17 juin). . . . . 671, 696, 848 et 854

Notice nécrologique sur M. Gast, par M. Noblot (séance du 4 février). 186
Notice nécrologique sur M. Lespermont, par M. Boudenoot (séance du 17 juin). 842
Notice nécrologique sur M. Hauet Alfred, par M. Périssé (séance du 17 juin). 844

Organisation des heures du travail (*L'*), par M. Benoit-Duportail (séance du 18 février). 202

Polders en Hollande (*Les*), par M. A. Huet (séance du 18 février). 209
Pont sur le Niémen, ligne de Vilna à Rovno (*Sur la fondation à l'air comprimé d'un*), par M. Przewoski (séance du 20 mai). Mémoire. 696 et 912
Port de Bordeaux et l'amélioration de la Gironde (*Travaux actuels du*), par M. Durupt (séance du 4 février) 190
Prix Montyon de 2,500 francs, décerné à M. Appert, au concours des arts insalubres (séance du 7 janvier). 25
Prix de 2,000 francs et Médaille de collaboration, décernée par la Société d'encouragement à MM. Petit et Boudenoot, pour leur distribution de force motrice à domicile par l'air raréfié (séance du 7 janvier). 26
Publications périodiques reçues par la Société. 174

Recuit et affinage du fer, de l'acier et de la fonte dans un milieu réducteur, par M. Lencauchez (séance du 4 février). Mémoire. 194 et 764
Régulateur différentiel de pression pour le soufflage du verre, par M. Appert (séance du 15 avril). 502

Salles de spectacle (*Sécurité dans les*). Lettres de MM. Bunel et Berthot (séance du 17 juin). 854
Silicium et la fonte de moulage (*Le*), par M. Gautier 211
Situation financière de la Société (*Exposé de la*), par M. Hallopeau, trésorier (séance du 17 juin). 846

Téléphone entre Paris et Bruxelles (*Indications sur la communication par*), par M. Berthon (séances des 4 et 18 février). . . . . 187 et 202
Tour de l'Exposition (*Explications sur les travaux de fondations de la*), par M. Eiffel (séance du 6 mai) 664
Trains-tramways organisés par la Compagnie des chemins de fer du Nord (*Les*), par M. Cossmann. Observations de MM. Gazan, Cerbelaud, de Nordling, et lettre de M. Séverac (séances des 4 et 18 mars). Mémoire. . . . . 325, 328 et 415
Trains-tramways dans divers pays (*Note sur l'organisation des*), Autriche, Allemagne, Belgique, Italie, par M. Cerbelaud. Mémoire. . . . 448
Travail industriel (*Rôle de l'État dans l'organisation du*). Observations au sujet des communications de MM. G. Salomon, Gruner et Simon Cantagrel, présentées par M. Couriot (séance du 3 juin). 10

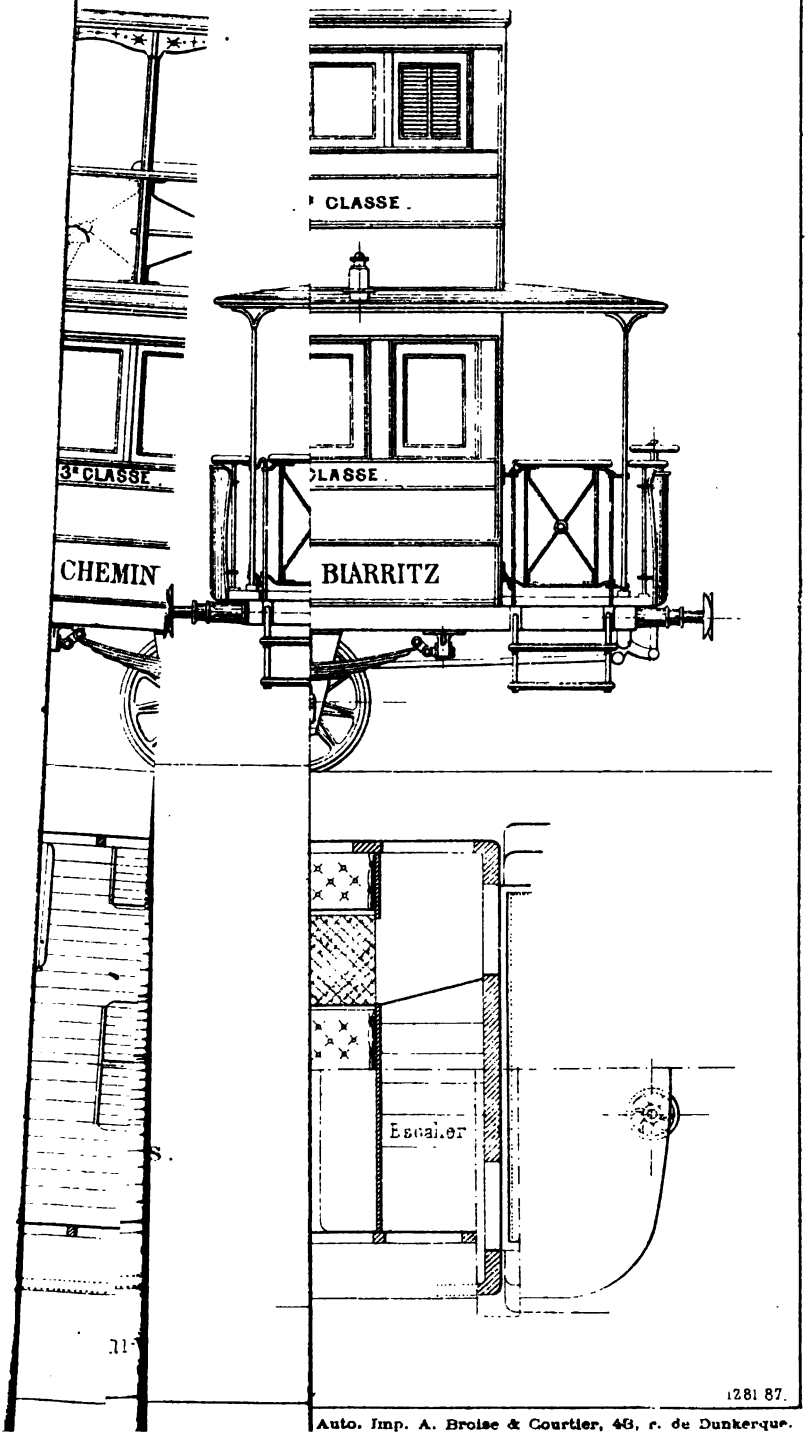
Visite des travaux de la Basse-Seine. Lettre de MM. Le Brun et de Coëne (séance du 17 juin). 854
Voies métalliques (*Les*), par M. Bernard. Notices de MM. Broyet et Delord (séance du 18 mars) 329
Voies navigables, en France, en Prusse et en Autriche (*Le prix de revient des transports par chemins de fer et la question des*); Discussion sur le mémoire de M. W. de Nordling, par MM. Pontzen, Fleury, Edmond Roy, Badois, Carimantrand, Séverac et Gottschalk (séances des 18 mars et 1er avril) . . . . . 330 et 489
Voies navigables et chemins de fer. Observations présentées dans la séance du 18 mars en réponse à un mémoire de M. W. de Nordling sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. E. Pontzen. 567

Voies navigables et chemins de fer. Observations présentées dans la séance du 18 mars en réponse à un mémoire de M. W. de Nordling sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. J. Fleury. 599

Voies navigables et chemins de fer. Observations présentées dans la séance du 18 mars, en réponse à un mémoire de M. W. de Nordling sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. Edmond Roy. 612

Voies navigables et chemins de fer. Réplique aux observations présentées par MM. E. Pontzen, J. Fleury et Edmond Roy, sur son mémoire sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. W. de Nordling. 621

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14450-7.



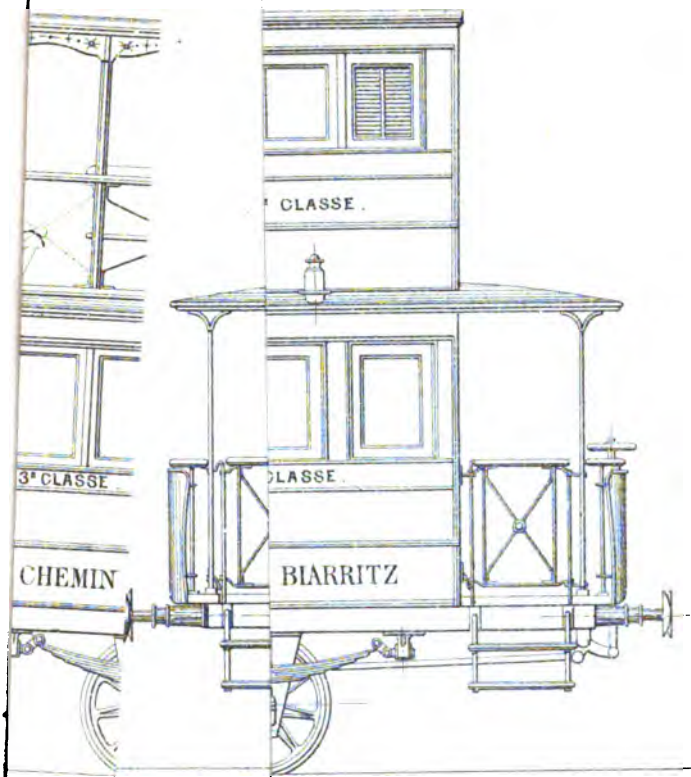
1281 87.
Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 46, r. de Dunkerque.

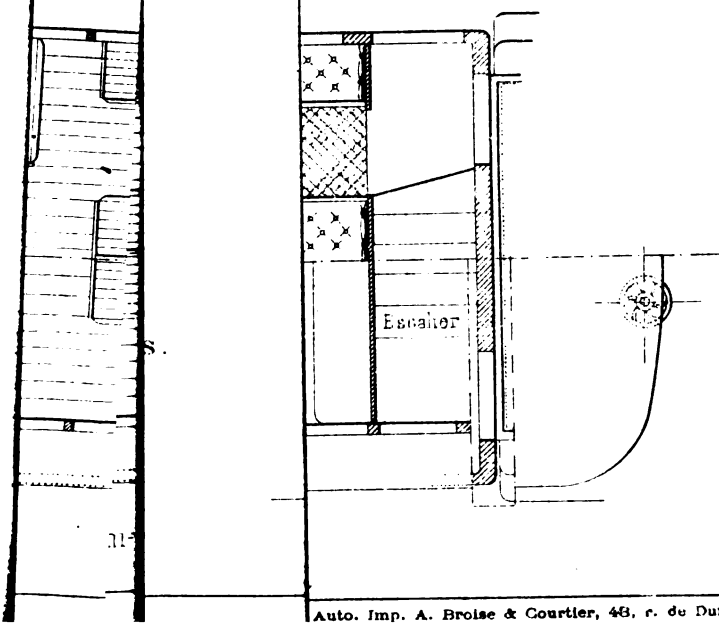
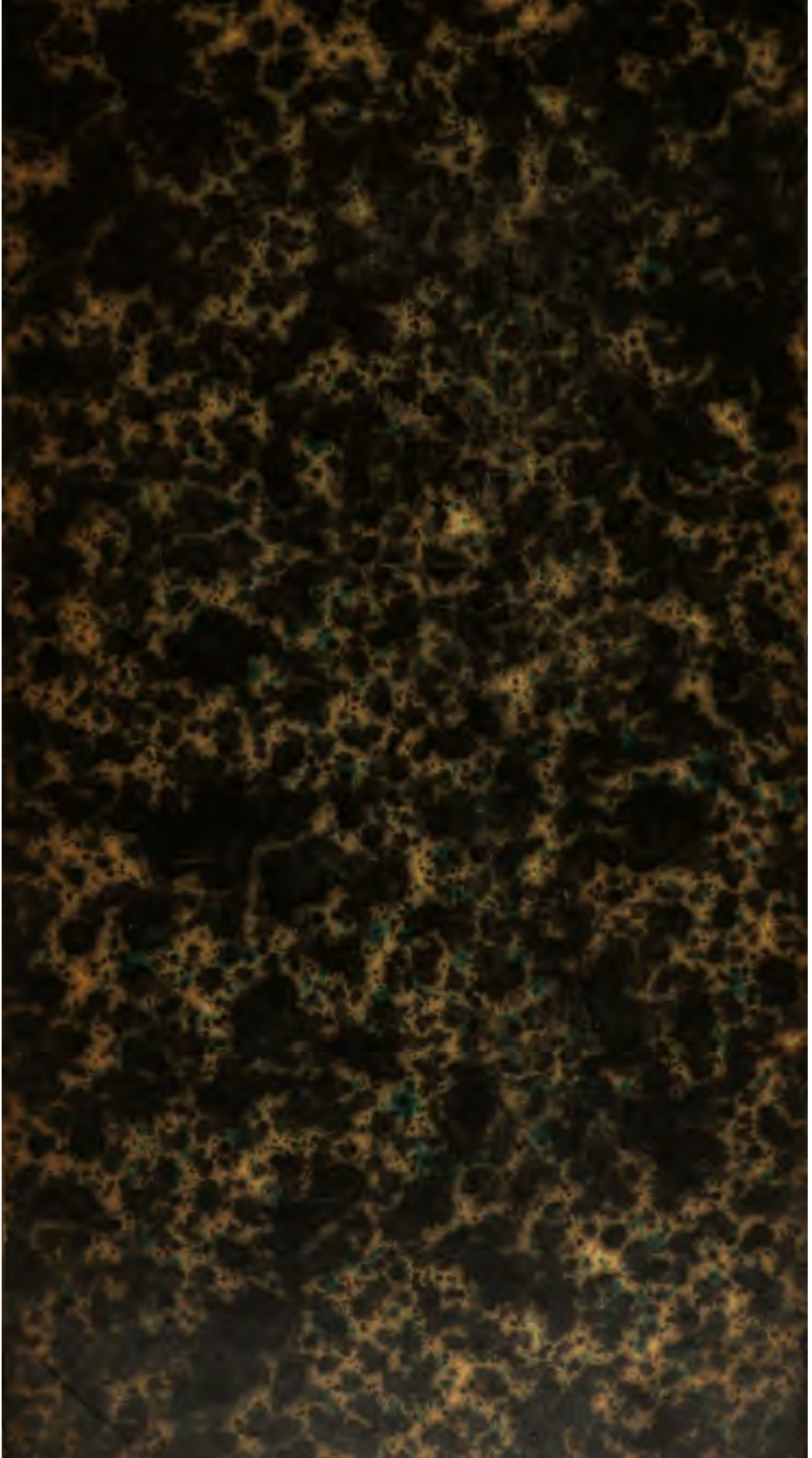
Voies navigables et chemins de fer. Observations présentées dans la séance du 18 mars en réponse à un mémoire de M. W. de Nordling sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. J. Fleury. 599

Voies navigables et chemins de fer. Observations présentées dans la séance du 18 mars, en réponse à un mémoire de M. W. de Nordling sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. Edmond Roy. 612

Voies navigables et chemins de fer. Réplique aux observations présentées par MM. E. Pontzen, J. Fleury et Edmond Roy, sur son mémoire sur le prix de revient des transports par chemin de fer et sur la question des voies navigables, par M. W. de Nordling. 621

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14450-7.





1281 87.
Auto. Imp. A. Broise & Courtier, 48, r. de Dunkerque.